

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MEDICINA Y CIRUGÍA



TESIS TITULADA:

**UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN EL
POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA:
COMPARACIÓN CON LA RX DE TÓRAX**

AUTOR:

Julián Alberto Ariza Traslaviña

MADRID, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA



DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

**UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN EL
POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA:
COMPARACIÓN CON LA RX DE TÓRAX**

**Tesis doctoral presentada por el Licenciado en Medicina D.
Julián Alberto Ariza Traslaviña para optar al grado de Doctor en
Medicina por la Universidad Autónoma de Madrid**

DIRECTOR

Prof. Dr. D. Ramón Moreno Balsalobre

MADRID, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA



DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

D. **Ramón Moreno Balsalobre**, Jefe de Servicio de Cirugía Torácica del Hospital Universitario de La Princesa de Madrid, Profesor Asociado del Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid y Doctor en Medicina por la Universidad Autónoma de Madrid,

CERTIFICO:

Que D. Julián Alberto Ariza Traslaviña ha realizado bajo nuestra dirección el trabajo titulado: "UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN EL POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA: COMPARACIÓN CON LA RX DE TÓRAX " y que reúne los requisitos exigidos para optar al grado de Doctor en Medicina.

Para que así conste, firmo el presente certificado en Madrid, a 1 de noviembre de 2018.

Fdo.: Ramón Moreno Balsalobre

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE DOCTORADO DE LA UAM

*Dedico a Dios este trabajo, por haberme regalado la vida, la salud y todas las
cualidades que fueron necesarias para su desarrollo*

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres, especialmente por todos sus esfuerzos para que pudiera formarme como médico.

Gracias a mi jefe el Dr. Yat Wah Pun Tam y a todos los adjuntos y residentes del Servicio de Cirugía Torácica del Hospital Universitario de la Princesa, el Dr. Ramón Moreno Balsalobre, el Dr. José Luis García Fernández, el Dr. Camilo Montoya Medina, el Dr. Héctor Milián Goicoechea y la Dra. Paloma Rofso por su apoyo y ayuda en la realización de este trabajo.

Gracias al servicio de Anestesia del Hospital Universitario de La Princesa y al Dr. Manuel José Muñoz Martínez por haberme enseñado y tutorizado la realización de las ecografías.

Gracias al servicio de Radiología del Hospital Universitario de La Princesa y a la Dra. María José Olivera Serrano quien ayudo con la lectura de las radiografías.

Gracias a mi Director de Tesis, el Dr. Ramón Moreno Balsalobre. Quien además de ser un modelo de persona, profesional y líder, me ayudo significativamente a la realización de este trabajo con sus consejos, su pragmatismo y su ánimo.

Quiero dedicar a su vez este trabajo a mi familia, a mi padre Guillermo Ariza Rojas, a mi madre Gloria Eugenia Traslaviña Forero, a mis hermanos Guillermo Andrey y Angélica María y a mis sobrinos Santiago y Tomas.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CPP: cáncer de pulmón primario

CPS: cáncer de pulmón secundario

CVT: cirugía video toracoscópica

DP: derrame pleural

Eco TT: ecografía transtorácica

EPA: edema pulmonar agudo

EPID: enfermedad pulmonar intersticial difusa

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica

HFI: hiperhidrosis focal idiopática

HT: hiperplasia tímica

NPB: nódulo pulmonar benigno

NT: neumotórax

Rx de Tórax AP: radiografía de tórax anteroposterior

Rx de Tórax PA: radiografía de tórax posteroanterior

Rx de Tórax: radiografía de tórax

SDRA: síndrome de distrés respiratorio agudo

TAC: tomografía axial computarizada

TC: tomografía computarizada

TEP: tromboembolismo pulmonar

RESUMEN

La radiografía de tórax es actualmente la técnica de referencia en el seguimiento postoperatorio de la cirugía torácica para la detección de complicaciones pleuro-pulmonares. Sin embargo, su uso de rutina ha sido cuestionado en repetidas ocasiones (1) (2) (3) (4). Por otra parte, la ecografía transtorácica (Eco TT) es una técnica emergente, que ha sido probada en escenarios clínicos (urgencias, UCI) con resultados satisfactorios y que además ofrece ventajas adicionales sobre la radiografía al tratarse de una técnica inocua, rápida, de bajo costo, portátil y con una rápida curva de aprendizaje (5) (6) (7) (8). Su principal indicación es dar respuesta a preguntas concretas ej: ¿hay neumotórax, derrame pleural...etc? o aclarar alguna duda planteada en otra prueba de imagen (RX o TAC) (9) (10), (11).

A la fecha actual son pocos los datos disponibles sobre el valor diagnóstico de la Eco TT en cirugía torácica. El objetivo de esta tesis es analizar el acuerdo diagnóstico entre las técnicas radiográficas y ecográficas en el postoperatorio de la cirugía torácica.

Se ha realizado un estudio observacional, prospectivo, donde fueron evaluados 120 hemitórax (60 pacientes) con las dos pruebas diagnósticas, primero la ecografía y luego la radiografía de tórax. El ecografista (cirujano torácico con entrenamiento previo en ecografía) y el radiólogo han evaluado independientemente, de forma ciega a los resultados del otro observador, la presencia o ausencia (SI/NO) de neumotórax, derrame pleural, consolidación pulmonar y patrón intersticial en cada hemitórax.

Como resultado la concordancia es alta para el neumotórax y el derrame pleural, moderada para el patrón intersticial y débil para la consolidación pulmonar. A su vez la concordancia fue débil en el periodo del postoperatorio inmediato y significativamente superior en el resto del postoperatorio.

Se concluye que la ecografía transtorácica puede usarse como método complementario y de uso combinado con la radiografía de tórax en el

postoperatorio de cirugía torácica. A su vez se postula que el empleo rutinario de la ecografía transtorácica durante el postoperatorio podría aliviar el uso de la radiografía de tórax en casos seleccionados.

ABSTRACT

Chest radiography is currently the reference technique in the postoperative follow-up of thoracic surgery for the detection of pleuro-pulmonary complications. However, its routine use has been questioned repeatedly (1) (2) (3) (4). On the other hand, transthoracic ultrasound is an emerging technique, which has been tested in clinical scenarios (emergencies, ICU) with satisfactory results and which also offers additional advantages over radiography because it is a safe, inexpensive, portable, low-cost technique. And with a fast learning curve (5) (6) (7) (8). Its main indication is to answer specific questions e.g. Is there pneumothorax, pleural effusion ... Etc? Or clarify any questions raised in another imaging test (RX or TAC) (9) (10), (11).

To date there are few available data on the diagnostic value of the Eco TT in thoracic surgery. The aim of this thesis is to analyze the diagnostic agreement between radiographic and ultrasound techniques in the postoperative period of thoracic surgery.

An observational, prospective study was carried out, where 120 hemithorax (60 patients) were evaluated with the two diagnostic tests, first the ultrasound and then the chest X-ray. The sonographer (thoracic surgeon with previous training in ultrasound) and the radiologist, blinded to results from the other observer, independently evaluated the presence or absence (YES/NO) of pneumothorax, pleural effusion, pulmonary consolidation and interstitial pattern in each hemithorax.

As a result, concordance is substantial for pneumothorax and pleural effusion, moderate for the interstitial pattern and fair for pulmonary consolidation. At the same time, concordance was fair in the immediate postoperative period and significantly higher in the rest of the postoperative period.

It is concluded that transthoracic ultrasound can be used as a complementary method to combine with chest radiography in the postoperative period of thoracic surgery. In turn, it is postulated that the routine use of transthoracic

ultrasound during the postoperative period could alleviate the use of chest radiography in selected cases.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	2
1. FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA ECOGRAFÍA.....	4
1.1. CONSIDERACIONES GENERALES	4
1.2. ONDA SONORA Y SUS PARÁMETROS.....	4
1.3. GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE LOS ULTRASONIDOS	6
1.4. PROPAGACIÓN E INTERACCIÓN CON LOS TEJIDOS - FORMACIÓN DE LOS ECOS	7
1.5. TRANSDUCTORES O SONDAS	9
1.6. MODOS DE REPRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES RECIBIDAS	9
2. ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA.....	15
2.1. HISTORIA DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA	15
2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA	16
2.3. INDICACIONES DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA	18
2.4. ¿COMO REALIZAR UNA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA?	19
2.5. ARTEFACTOS DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA	21
2.6. SIGNOS DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA	24
2.7. ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA NORMAL	30
2.8. ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA PLEURAL	30
2.9. ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA PULMONAR	37
2.10. ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA DEL DIAFRAGMA Y LA PARED TORÁCICA DIAGNÓSTICO DE LA HIPOXEMIA BASADO EN ECOGRAFÍA – ALGORITMO BLUE	43 47
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO	50
1. HIPÓTESIS	52
2. OBJETIVOS	53
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	54
1. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	56
1.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	56
1.2. ESCENARIO	56
1.3. POBLACIÓN.....	57
2. INTERVENCIÓN	58
2.1. TÉCNICA DE EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA Y RADIOGRÁFICA	59
3. VARIABLES DEL ESTUDIO.....	60
3.1. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	60
3.2. CLASIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES	62
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	64
4.1. TIPO DE ESTUDIO	64

IV. RESULTADOS	66
1. DESCRIPTIVOS.....	68
1.1. Tabla 5. EDAD MEDIA	69
1.2. Tabla 7. SEXO.....	69
1.3. Tabla 8. DIAGNÓSTICO	70
1.4. Tabla 13. TIPO DE ABORDAJE QUIRÚRGICO	72
1.5. Tabla 14. TIPO DE PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO	72
1.6. Tabla 18. TIPO DE VENTILACIÓN AL MOMENTO DE SER EVALUADOS.....	74
1.7. Tabla 19. NÚMERO DE RADIOGRAFÍAS SOLICITADAS.....	75
1.8. Tabla 20. COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS	75
2. ANALÍTICOS.....	76
2.1. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LOS LADOS DERECHO E IZQUIERDO EN 120 HEMITÓRAX DE 60 PACIENTES	79
2.2. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LOS PERIODOS INICIAL, INTERMEDIO Y FINAL.....	80
2.3. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR EN 120 HEMITÓRAX DE 60 PACIENTES.....	83
2.4. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR EN CADA PERIODO DEL ESTUDIO	87
2.5. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LOS LADOS OPERADO Y NO OPERADO EN 60 PACIENTES	93
2.6. ANÁLISIS ESTRATIFICADO POR LADO NO OPERADO, OPERADO, Y POR LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR EN 60 PACIENTES.....	95
V. DISCUSIÓN	100
1. HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS ESTUDIADOS.....	102
2. COMPARACIÓN ENTRE LA ECO TT Y LA RX DE TÓRAX	103
3. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONCORDANCIA.....	108
PORCENTAJE DE CONCORDANCIA.....	108
ÍNDICE KAPPA (K).....	108
4. VALIDEZ DE CRITERIO COMO FORMA DE EXPRESIÓN DE UN ESTUDIO DE CONCORDANCIA.....	111

5.	¿LA ECO TT ES EQUIVALENTE A LA RX DE TÓRAX COMO PRUEBA DIAGNOSTICA EN EL POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA?	112
6.	UTILIDAD DE LA ECO TT EN EL DE POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA.....	113
	PROPUESTA ALGORITMO CONTROL RADIOLOGICO POSTOPERATORIO EN CIRUGÍA TORÁCICA	116
7.	LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO	117
VI.	CONCLUSIONES	118
VII.	ARTÍCULO PUBLICADO	122
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
IX.	ANEXOS.....	140

I. INTRODUCCIÓN

1. FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA ECOGRAFÍA

1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Un sonido es una onda mecánica de presión que se desplaza de forma lineal por un medio, y un ultrasonido es aquel cuya frecuencia está por encima del rango audible, más de 20.000 hercios (20 mhz). El proceso de ecografía diagnostica comprende: la generación de ultrasonidos y su emisión hacia el área anatómica a estudiar, la detección del resultado de la interacción de los ultrasonidos con el cuerpo en forma de eco y la representación de esa interacción en imágenes.

1.2. ONDA SONORA Y SUS PARÁMETROS

Las ondas sonoras se pueden representar como una gráfica senoide de presión con respecto al tiempo. Un ciclo de la onda es una oscilación, o viaje completo de ida y vuelta (compresión/descompresión).

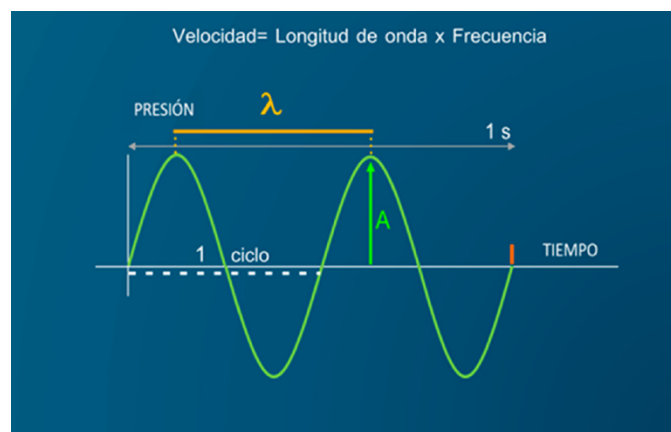


Figura 1. Onda sonora y sus parámetros. Gráfica de presión con respecto al tiempo. A: amplitud, λ : longitud de onda. Esta onda representada tiene una frecuencia de 2 Hz, ya que en 1 segundo hay dos ciclos de la onda.

Las ondas tienen una serie de parámetros que deben conocerse, algunos de ellos se pueden manejar o elegir para optimizar la exploración ecográfica:

1.2.1. FRECUENCIA (F)

Número de ciclos por segundo. Se mide en hercios ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo/s}$). La frecuencia se relaciona con la profundidad y con la resolución de la imagen: a mayor F, mayor resolución espacial y menor penetración; a menor F, mayor penetración y menor resolución. Son necesarias frecuencias mayores para el estudio de estructuras superficiales y partes pequeñas (por ejemplo, piel, testículo, pared torácica), y frecuencias menores para áreas más profundas o mayores (ecografía transtorácica y abdominal).

1.2.2. LONGITUD DE ONDA (λ)

Distancia que recorre la onda en un ciclo completo. En la curva es la distancia que hay entre el mismo punto de dos ondulaciones consecutivas. Se mide en cm o en mm. La frecuencia y la longitud de onda están relacionadas, las ondas con frecuencias mayores tienen una longitud de onda menor.

1.2.3. AMPLITUD

Máxima altura de la onda. Se mide en decibelios (db). Se relaciona con la intensidad del sonido, con la potencia del haz de ultrasonidos. En los ecógrafos, por motivos de seguridad, existe una potencia máxima por encima de la cual no se puede trabajar, y en general se trabaja al 100% de potencia del ecógrafo, aunque se puede modificar por motivos de seguridad y disminuirla, por ejemplo, para realizar ecografía ocular.

1.2.4. VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

Distancia que recorre una onda en la unidad de tiempo. Se mide en m/s. La velocidad se relaciona con la frecuencia y la longitud de onda según la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad} = \text{longitud de onda} \times \text{frecuencia}$$

1.3. GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE LOS ULTRASONIDOS

Los ultrasonidos se generan por medio de un transductor o sonda. Un transductor es un dispositivo que es capaz de producir ultrasonidos a partir de energía eléctrica mediante el efecto piezoeléctrico y de emitirlos. También es capaz de recibir sonidos y de transformarlos en señales eléctricas que son amplificadas y posteriormente procesadas para formar la imagen ecográfica. El efecto piezoeléctrico es la propiedad de algunos materiales de generar una onda mecánica cuando son sometidos a un campo eléctrico, y el efecto inverso de generar una carga eléctrica interna cuando son sometidos a una onda mecánica. Son cristales cerámicos que cambian de tamaño (se contraen y se expanden) bajo la corriente eléctrica; la corriente alterna los hace oscilar con frecuencias muy altas, que producen ondas sonoras con frecuencias muy altas, no audibles, propias de los ultrasonidos. Inicialmente y antes de llegar al transductor, el ecógrafo tiene un transmisor, que es el que transmite la energía eléctrica al transductor en forma de pulsos con una frecuencia de repetición de pulsos o PRF, que es importante porque determina la profundidad de exploración en modo B y que en la ecografía Doppler se relaciona con la escala de velocidad.

1.4. PROPAGACIÓN E INTERACCIÓN CON LOS TEJIDOS - FORMACIÓN DE LOS ECOS

Los ultrasonidos se propagan por el medio en dirección perpendicular a la superficie del transductor y se van encontrando con tejidos con los que interaccionan y a través de los cuales se propagan. La base de la imagen ecográfica es la interacción de los ultrasonidos con los tejidos. La velocidad de propagación es distinta en cada medio; el sonido viaja más rápido en medios sólidos, de forma intermedia en medios líquidos y más despacio en medio gaseoso. En su propagación, las ondas se van encontrando con distintas interfases (medios con distintas impedancias, es decir, dos medios con diferentes propiedades acústicas). Cada una de esas interfases interacciona con la onda sonora, de forma que:

Parte del sonido se refleja. Este es el eco que se usa para el diagnóstico y que se representa en la pantalla con un punto de brillo, por eso la ecografía en escala de grises también se llama modo B(brillo).

Parte se atenúa. La atenuación consiste en una disminución de la amplitud e intensidad del sonido en profundidad, y se produce fundamentalmente por reflexión de la onda y por absorción por el propio medio (se transforma en calor); aunque también por dispersión, refracción y divergencia. La onda se atenuará más o menos según los medios que la onda se vaya encontrando (hay medios que atenúan mucho, medios en los que la atenuación es intermedia, y medios que apenas atenúan; el agua es el medio que menos atenúa). La atenuación limita la profundidad de la exploración.

Parte sigue propagándose en profundidad y se irá encontrando con nuevas interfases e interaccionando con ellas.

La cantidad de sonido reflejado y transmitido depende de la diferencia de impedancia acústica entre dos medios, y determina la intensidad de los ecos en la imagen (el brillo de cada eco). Las interfases muy marcadas producen una reflexión muy alta y se representa como ecos muy brillantes, por ejemplo, el diafragma o el hueso.

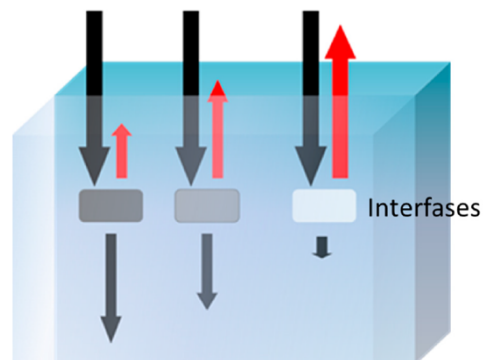


Figura 2. Interacción del ultrasonido con el medio. Rectángulos pequeños: reflectores. Sonido emitido (flecha negra), sonido reflejado (flecha roja).

1.5. TRANSDUCTORES O SONDAS

Para las exploraciones ecográficas es necesario elegir la frecuencia y el tipo de transductor, lo que va a depender esencialmente del órgano a explorar. Cuanto mayor sea la frecuencia menor será la profundidad que alcancen los ultrasonidos (mayor atenuación), pero mayor será la resolución o definición de la imagen. Por tanto, los transductores de alta frecuencia se utilizarán para el estudio ecográfico de estructuras superficiales, mientras que para poder valorar estructuras profundas habrá que emplear frecuencias más bajas, incluso a costa de una disminución de la resolución.

Las sondas tienen distintas formas y tamaños adaptados a su aplicación, con distinta disposición de sus elementos y huellas (superficie que contacta con el paciente). Las sondas lineales tienen una disposición lineal de los elementos, una huella plana, y obtienen una imagen rectangular; en general son de frecuencia alta y se emplean para estudiar áreas superficiales. Son las sondas adecuadas para estudiar la pared torácica. Las sondas convexas y sectoriales tienen una disposición curva de los elementos y huellas curvas, y obtienen imágenes sectoriales curvas con un mayor campo de visión. Su frecuencia suele ser menor y permiten estudiar estructuras más profundas, por ejemplo, el interior del tórax o del abdomen.

1.6. MODOS DE REPRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES RECIBIDAS

La información obtenida de la interacción del sonido con los tejidos se puede representar de distintos modos, cada uno de los cuales ofrece información distinta, por lo que sus aplicaciones clínicas son distintas.

1.6.1. MODO A (AMPLITUD)

Se utiliza un solo haz de ultrasonido y la información recogida es representada en gráficas. El eje vertical representa la distancia y el eje horizontal la amplitud de los ecos. Ofrece poca información y prácticamente no se utiliza.

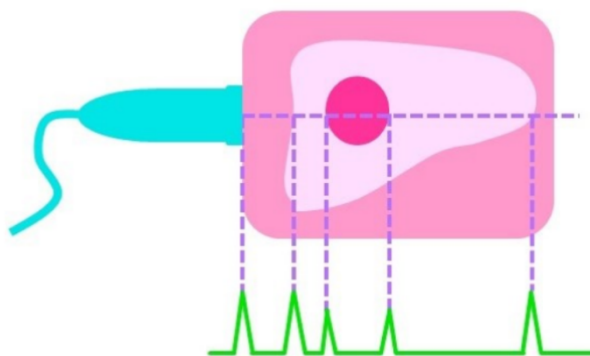


Figura 3. Modo A.

1.6.2. MODO B (BRILLO)

Es el formato más utilizado y conocido. Se utilizan múltiples haces emitidos secuencialmente y se obtienen imágenes bidimensionales en movimiento. El brillo del punto es proporcional a la amplitud del eco y la posición al tiempo de recepción. El conjunto de los puntos reproduce un corte anatómico de la región examinada, cuyo plano de corte viene fijado por el operador en tiempo real.

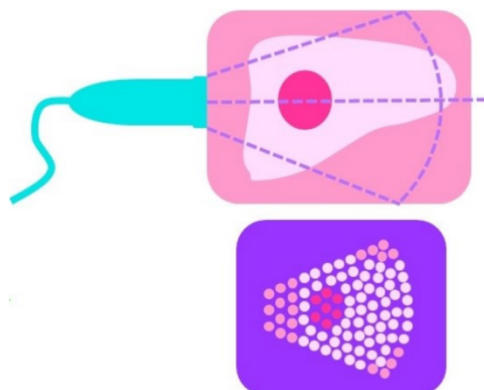


Figura 4. Modo B.

1.6.3. MODO M (MOVIMIENTO)

Este modo representa la posición de las interfases móviles como una función del tiempo. Se representa como puntos de brillo que dependen de la amplitud, pero no forma un mapa anatómico como en el modo B, por lo que se usa utilizando simultáneamente un mapa en modo B como guía para elegir una línea a estudiar en modo M. En esa línea se estudia el movimiento de las estructuras hacia o alejándose del transductor. Su ventaja es que tiene una buena resolución temporal y es útil para detectar movimientos rápidos y evaluar el patrón de movimiento. Se emplea en cardiología (por ejemplo, para valorar el movimiento de las válvulas cardíacas) y en ecografía transtorácica por ejemplo para valorar el movimiento del pulmón, diafragma o liquido pleural.

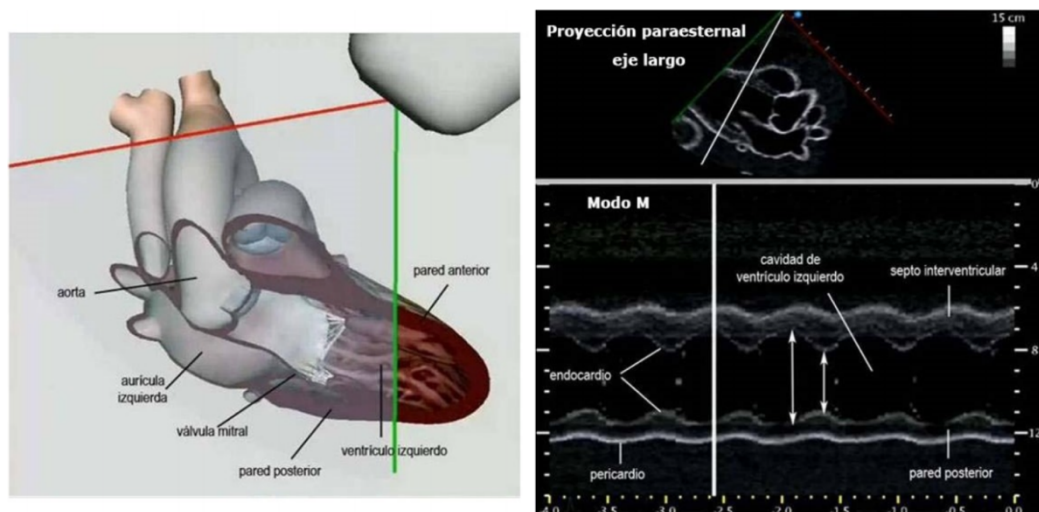


Figura 5. Modo M.

1.6.4. MODO DOPPLER

La ecografía también puede representar el movimiento mediante la ecografía Doppler. Cuando los reflectores están en movimiento, la frecuencia del eco reflejado es distinta de la del sonido emitido, de forma que, si el reflector se acerca al transductor, la frecuencia del sonido es mayor, y si se aleja de él, la frecuencia es menor. La ecografía Doppler se fundamenta en la medición de la diferencia de frecuencias del sonido que se emitió y del sonido detectado (variación de frecuencias) que ocurre cuando los reflectores están en movimiento (efecto Doppler).

La información Doppler se representa en:

Doppler color

En una caja de color sobre el mapa en modo B (para tener las referencias anatómicas) con un mapa que codifica en pixeles de distinto color lo que se mueve hacia el transductor (rojo) y lo que se aleja (azul). Los reflectores que se mueven a velocidad alta se codifican con un color más brillante (naranja-amarillo o verde-amarillo) y los lentos con colores más oscuros (rojo y azul).

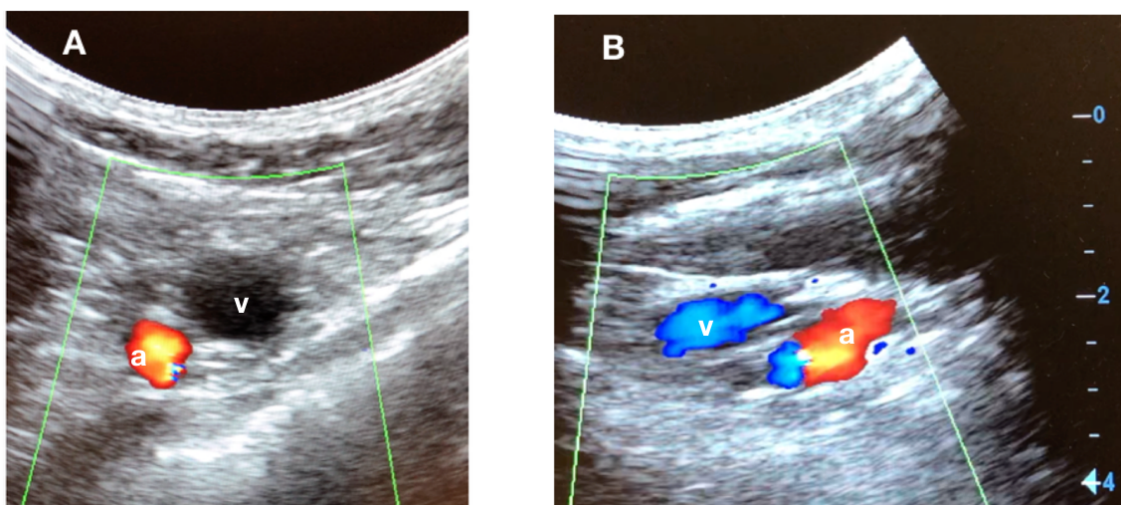


Figura 6. Ecografía doppler color. En la figura A se muestra: arteria subclavia (a) y trombosis de la vena subclavia (v), nótese la ausencia de flujo en su interior. En la figura B se muestran arteria (a) y vena (v) subclavia permeables.

Doppler espectral

En forma de una curva o espectro que representa las distintas variaciones de frecuencia con respecto al tiempo obtenidas en un pequeño volumen de muestra. Como las variaciones de la frecuencia se relacionan con la velocidad del flujo, en los ecógrafos actuales en el eje vertical de la gráfica lo que aparece es la velocidad (en cm/s) en lugar de la frecuencia, y en el eje horizontal, el tiempo.

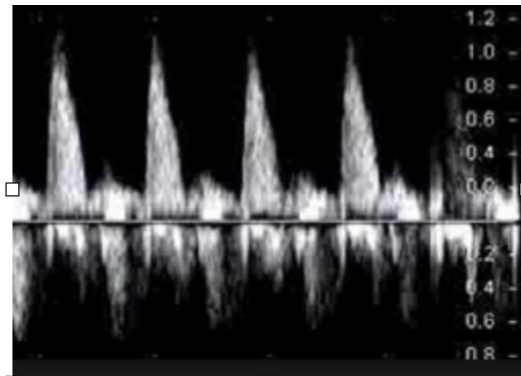


Figura 7. Modo doppler espectral.

De forma audible

Corresponde a la versión acústica de la información que se representa con el Doppler espectral. El cambio de frecuencias se halla en el rango de frecuencias audibles, ya no es ultrasonido y por eso se puede escuchar.

Doppler energía o power Doppler

Codifica la amplitud (es decir, la energía o potencia) de la variación de frecuencia Doppler en color sin tener en cuenta si la diferencia de frecuencias es positiva o negativa. Por eso no da información de dirección (rojo o azul), como hace el Doppler color. Sin embargo, es más sensible que el Doppler color, por lo que es útil para detectar flujos lentos y en vasos pequeños.

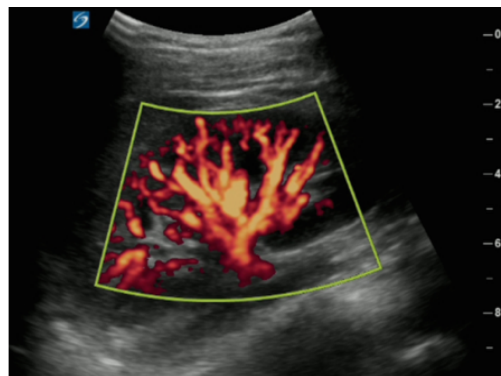


Figura 8. Modo doppler energía.

2. ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA

2.1. HISTORIA DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA

El uso médico de la Eco TT se desarrolló durante la segunda mitad del siglo pasado, y hoy en día está muy extendida. En la década de los cuarenta se publica el primer trabajo sobre la aplicación del ultrasonido en el área médica (12) . Joyner ha sido el primero en describir la utilidad del ultrasonido en el diagnóstico de una efusión pleural, posteriormente se ha incrementado el número de publicaciones del valor del ultrasonido en diferentes patologías pulmonares (7) (13) .

Los pulmones son órganos amplios llenos de aire y rodeados por los huesos de la caja torácica. Como consecuencia de ello, la Eco TT se limitaba inicialmente al estudio de las condiciones pleurales superficiales, tales como tumores, derrames pleurales y para guiar procedimientos invasivos.

Harrison enuncia en el 2001 en su texto Principios de Medicina Interna que: "las imágenes de ultrasonido no son útiles para la evaluación del parénquima pulmonar" (14), al considerar que el comportamiento de los haces de ultrasonido en una interfase de parénquima pulmonar sano no genera más que artefactos (considerando los principios básicos de la física).

Durante muchos años, estas consideraciones impedían el uso de la Eco TT para el estudio de las enfermedades pulmonares, sin embargo, dos consideraciones contribuyeron a cambiar esta sabiduría convencional en la última década.

La primera es que la Eco TT ha ganado mayor aceptación como herramienta clínica en las manos del médico. La segunda consideración se refiere a la función central del pulmón en la evaluación clínica de la mayoría de las enfermedades. Por supuesto, no podemos imaginar un examen general de cualquier paciente sin una cuidadosa auscultación de los pulmones, lo cual tiene un impacto fundamental en la evaluación general.

Esta consideración estimuló a algunos científicos a analizar e interpretar los artefactos creados por la insonación del pulmón, un replanteamiento de lo que siempre se había considerado limitaciones definitivas de la Eco TT.

Sólo recientemente se ha puesto de relieve que la Eco TT es altamente sensible a las variaciones del contenido pulmonar y al equilibrio entre aire y fluidos, actuando como un densitómetro de pulmón real. Es así como el análisis dinámico y estático de una combinación de artefactos ecográficos e imágenes reales hace un diagnóstico preciso de los diferentes trastornos pulmonares.

En resumen, el ultrasonido ha tenido un impacto determinante en diferentes áreas de la salud, pero es de resaltar su valor en ámbitos de urgencias, trauma y recientemente en el escenario perioperatorio, cambiando de forma importante diferentes desenlaces ya sea en morbilidad, mortalidad o coste- efectividad.

2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA

2.2.1. VENTAJAS

La Eco TT ha recibido un mayor interés por parte de los médicos en los últimos años. Los dispositivos de ultrasonido modernos son fáciles de usar, económicos, livianos y portátiles, hoy en día incluso existen dispositivos ultra portátiles (de bolsillo) que pesan menos de 500 gramos y se conectan vía inalámbrica al teléfono o Tablet. Esto permite que el médico posea su propio equipo. Evitar desplazamientos es claramente una ventaja que tiene esta técnica (15), al poder hacer el examen a pie de cama, pudiendo repetirlo las veces que el paciente lo amerite durante el día, sin que esto implique un incremento en los riesgos para los pacientes o para quien lo realice.

La Eco TT es una herramienta útil en el diagnóstico y manejo de múltiples enfermedades torácicas. Es una técnica rápida, inocua (al no usar radiaciones ionizantes) de bajo coste, potencialmente reproducible y con una rápida curva de aprendizaje (16). Además, al tratarse de un estudio en tiempo real permite

integrar inmediatamente los hallazgos con los datos clínicos y asistir procedimientos invasivos de ser necesarios (17, 18), por ejemplo: la toracocentesis guiada con ecográfica se asocia con un riesgo reducido de neumotórax (19) (20).

Es superior a otras técnicas (radiografía, TC) en determinadas afecciones, y en otras aporta información complementaria. Es una técnica aparentemente compleja, pero tras el entrenamiento y aprendizaje de los diferentes patrones ecográficos constituye una herramienta valiosa para el estudio de las enfermedades torácicas (21).

La Eco TT es más sensible que una radiografía simple de tórax para detectar la presencia de líquido pleural y diferenciar el líquido pleural de la consolidación pulmonar. En comparación con la tomografía computarizada (TC), la Eco TT tiene una sensibilidad del 95% para la detección de la enfermedad pleural en pacientes con un "hemitórax blanco en la radiografía simple de tórax", pero es ligeramente menos sensible para detectar pequeñas cantidades de líquido (22) (23). En comparación con la TC, el ultrasonido puede diferenciar mejor el líquido pleural del engrosamiento pleural y las masas pleurales (18).

Investigadores italianos han demostrado que el uso de un dispositivo de ultrasonido de bolsillo durante el examen físico de rutina tanto en el ámbito hospitalario como en el ambulatorio ha contribuido a reducir la necesidad de realizar más exámenes (24). Es así como el uso rutinario de la Eco TT en una unidad de cuidado intensivo ha demostrado una reducción significativa, tanto del número de radiografías de tórax en un 26% como del número de TAC de tórax en un 47%, logrando disminuir la irradiación, la exposición a medios de contraste, el transporte de pacientes a otras dependencias e igualmente un ahorro estimado de 27.000 euros en los 6 meses del estudio (25).

2.2.2. DESVENTAJAS

No todo el pulmón es visible por ecografía ya que las estructuras óseas bloquean el paso de los ultrasonidos en especial la pared posterior con la interposición de

la escapula. Para intentar mejorar la visión pulmonar, se le puede pedir al paciente una inspiración profunda durante la realización del examen, de esta manera se logra un descenso del parénquima pulmonar oculto bajo las costillas hacia el espacio intercostal haciéndose visible.

Ya que el aire refleja el ultrasonido, es imposible realizar un examen pleuropulmonar en un paciente con enfisema subcutáneo. No obstante, si se hace presión en el sitio con la sonda podría llegar a desplazarse el aire y hacer visibles las estructuras. Otra limitación asociada a la ecografía pulmonar es la dificultad para examinar patologías pulmonares profundas, porque sólo las porciones más superficiales son accesibles al ultrasonido. Los pacientes obesos mórbidos o con material de curación sobre la pared del tórax también pueden presentar limitación al examen ecográfico. Por otra parte, la Eco TT es una tecnología dependiente del operador, se necesita capacitación supervisada y enfocada para garantizar que el operador interprete correctamente los hallazgos ecográficos (26) (27) (28) (29).

2.3. INDICACIONES DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA

La principal indicación de la Eco TT es dar respuesta a una pregunta que se nos plantea. En ocasiones, la pregunta vendrá determinada por un hallazgo objetivado en una radiografía de tórax (por ejemplo, en pacientes con aumento de densidad de un hemitórax para valorar si la patología es de origen pulmonar o pleural). En otras ocasiones, la pregunta que servirá para indicar la exploración será la sospecha clínica (por ejemplo, en pacientes pediátricos con fiebre y una auscultación patológica). En tercer lugar, nos podemos encontrar con exploraciones que vendrán solicitadas para dar respuesta a una pregunta concreta con o sin estudios previos ej: ¿existe derrame pleural?, ¿existe neumotórax?, ¿existe consolidación pulmonar?, etc.

2.4. ¿COMO REALIZAR UNA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA?

El estudio ecográfico del tórax puede ser realizado de múltiples formas y con varias sondas. Probablemente cualquier equipo de ultrasonidos puede ser útil, incluso si el equipo no dispone de Doppler.

Lo más importante que debemos valorar antes de empezar la exploración ecográfica es cuál es la pregunta que se nos plantea. Es decir, cuando se deba resolver una duda generada por un hallazgo en la Rx de tórax, lo que se debe hacer es analizar correctamente esta prueba e intentar localizar el área patológica. Una vez determinada la posible localización de la patología se debe explorar esa zona. En el caso de no disponer de exploraciones radiológicas previas en pacientes con alta sospecha de patología torácica, se debe dirigir la exploración después de realizar una breve anamnesis al paciente: dónde le duele, en qué zona se nota la lesión etc. Si el paciente no puede ser interrogado (pacientes de edad pediátrica o ingresados en una unidad de cuidado intensivo) y no se dispone de estudios previos, se debe hacer una exploración completa de ambos hemitórax de forma sistemática para evitar dejar determinadas áreas sin explorar. Existen varios protocolos de exploración publicados, algunos de ellos coincidentes, que se basan en una división en cuadrantes de cada hemitórax. Cada cuadrante se numera de una determinada forma y se evaluarán los hallazgos de cada uno de ellos de forma separada.

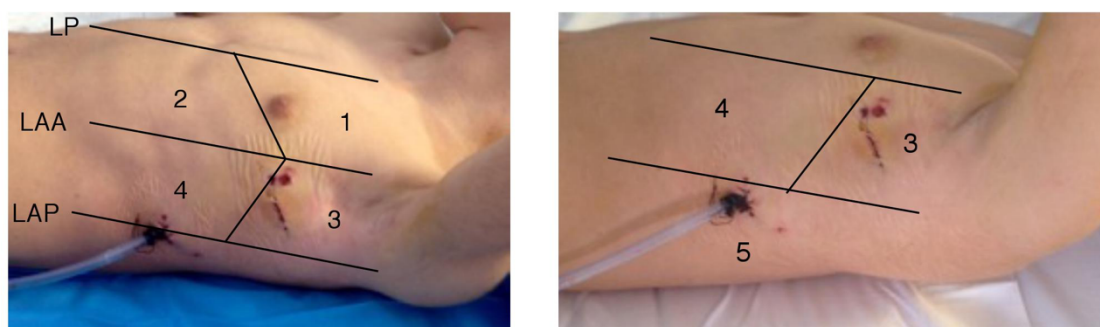


Figura 9. LP: línea paraesternal. LAA: línea axilar anterior. LAP: línea axilar posterior. 1. Zona antero-superior. 2. Zona antero-inferior. 3. Zona latero-superior. 4. Zona latero-inferior. 5. Zona postero-basal.

2.4.1. PROTOCOLOS DE EXPLORACIÓN SEGÚN LA PATOLOGÍA A ESTUDIAR

En función de cuál o cuáles son las preguntas que debemos responder, decidiremos la colocación del paciente y qué transductor o transductores vamos a necesitar. La Eco TT puede realizarse en cualquier posición del paciente (sentado, decúbito supino, decúbito prono, decúbito lateral).

El estudio en decúbito supino permite explorar la mayoría de las zonas del tórax incluso la zona postero-basal que se logra con una ligera inclinación del enfermo. La elevación del brazo en esta posición logra ampliar el tamaño del espacio intercostal lo que facilita el acceso del ultrasonido. El examen en sedestación contraria al operador (con los brazos situados en frente sobre muslos o rodillas) es de preferencia para el estudio del derrame pleural o determinadas zonas sospechosas ubicadas en el dorso del paciente.

Tabla 1. Guía de exploración ecográfica según patología a estudiar

PATOLOGÍA	POSICIÓN DEL PACIENTE	TIPO DE TRANSDUCTOR	REGIÓN A EXPLORAR
NEUMOTÓRAX	D. Supino	Lineal	Anterior
DERRAME PLEURAL	D. Supino o sedestación	Convex	Lateral inferior y/o posterior
CONSOLIDACIÓN PULMONAR	D. Supino o sedestación	Convex	Exploración dirigida *
ENF. PULMONAR DIFUSA	D. Supino	Lineal	Anterior
PARED TORÁCICA	D. Supino o sedestación	Lineal	Exploración dirigida *

* Zona sospechosa de patología

Según la patología a estudiar es posible realizar una exploración regional (dirigida a una zona sospechosa) y/o una exploración completa de los 2 hemitórax. Una clave para facilitar el estudio de la patología pleural es saber que el aire y el líquido libre suelen disponerse de forma gravitacional, lo cual servirá para ubicar la patología con el transductor.



Figura 10. Ubicación gravitacional del aire y el líquido

2.5. ARTEFACTOS DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA

La imagen ecográfica pulmonar es el resultado de la interacción del aire y el tejido pulmonar intersticial con el haz ultrasónico. Se observan artefactos de diferente ecogenicidad e intensidad en la escala de grises, tanto en el tiempo real como en el modo M, los cuales son horizontales y verticales y cuya identificación adecuada es fundamental para la correcta interpretación de los elementos anatómo-estructurales normales.

2.5.1. ARTEFACTOS HORIZONTALES

El principal artefacto horizontal son las líneas A, que se generan por la interfase gaseosa que tiene el parénquima pulmonar. Se caracterizan por ser imágenes lineales hiperecoicas, horizontales, estáticas y que se repiten a intervalos regulares, esta distancia es debida a la reflexión de las ondas de ultrasonido desde la piel hasta la pleura y representan la reverberación del sonido sobre ésta.

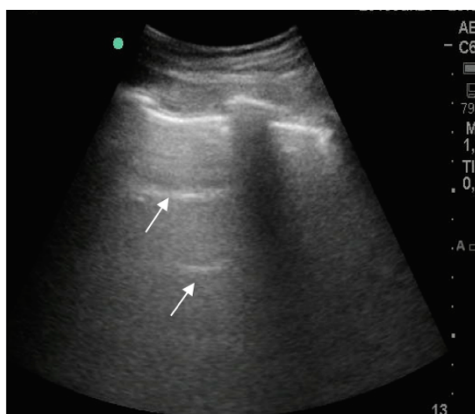


Figura 11. Líneas A (flechas)
Hospital de La Princesa

2.5.2. ARTEFACTOS VERTICALES

Los artefactos verticales son las líneas B, Z y E. Las líneas B son artefactos hidro-aéreos en imagen de cola de cometa (por su morfología), se generan por la resonancia ultrasónica originada en una estructura rígida rodeada por aire, como los septos interalveolares. Sus primeras descripciones fueron en los 80, pero se considera que realmente fue Liechtenstein quien las describe apoyado en hallazgos por ultrasonido con las imágenes de tomografía axial computarizada. Las líneas B se inician en la línea pleural, son hiperecoicas, bien definidas, diseminadas hacia el final de la pantalla, borran las líneas A, y se movilizan con el deslizamiento pleural cuando este está presente.

En condiciones normales, las “colas de cometa” son artefactos únicos o múltiples hasta en número de 3, más de 3 indican la presencia de un síndrome intersticial

en una sola imagen o entre dos costillas en un corte longitudinal. Se identifican con más claridad en la región antero-lateral y se asocian a enfermedad pulmonar intersticial o congestión. Así mismo en el paciente con fibrosis pulmonar es mandatorio estudiar la región postero-basal debido a una mayor afectación a ese nivel.

Las líneas Z son artefactos verticales que semejan a las líneas B y no tienen significado patológico; en ocasiones se pueden observar en neumotórax. Tienen las siguientes características: se originan en la línea pleural y tienen profundidad de 2 a 5 cm; no borran las líneas A; son cortas en el sentido que no se extienden hasta el límite de la imagen; no siguen el movimiento pleural.

Las líneas E (E por enfisema) son secundarias a enfisema subcutáneo. Se caracterizan por ser líneas verticales que adoptan la morfología de haz de láser (imagen hiperecoica fina), se originan por arriba de la línea pleural y su punto de partida es la pared torácica.

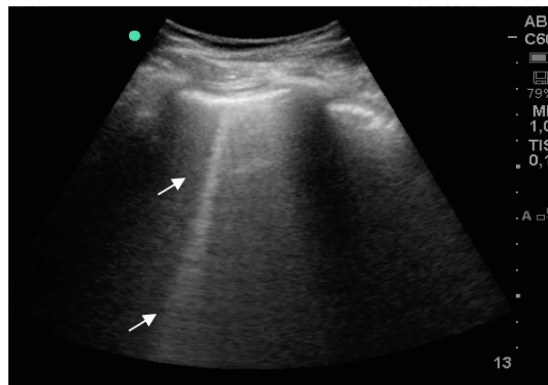


Figura 12. Eco TT normal, se muestra línea B (flechas). Hospital de La Princesa

2.6. SIGNOS DE LA ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA

2.6.1. SIGNO DEL MURCIÉLAGO

Las referencias óseas de las costillas dan sombra posterior por debajo.

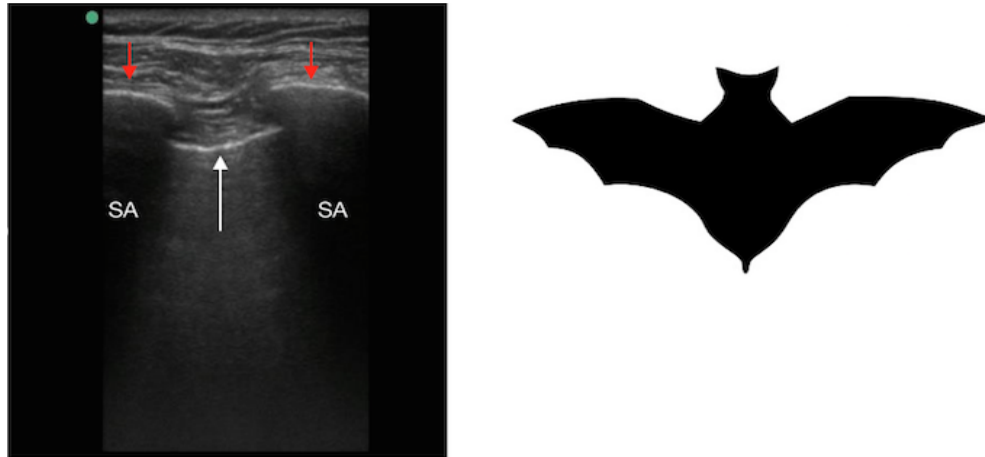


Figura 13. Eco TT normal en modo B. Línea pleural (flecha blanca), sombra acústica (SA), costillas (flechas rojas). Hospital de La Princesa

2.6.2. SIGNO DEL DESLIZAMIENTO PLEURAL

Imagen en modo real del movimiento de la pleura visceral (que acompaña al pulmón) sobre la parietal. La ausencia del deslizamiento pleural es altamente sugestiva de neumotórax. Los diagnósticos probables en ausencia de deslizamiento pleural son: neumotórax, atelectasia masiva, intubación selectiva, post-pleuritis, apnea o neumonía.



Figura 14. Eco TT normal en modo B. Imagen capturada durante el deslizamiento pleural (sólo se visualiza en tiempo real). La línea ecogénica corresponde a la línea pleural (flecha). Hospital de La Princesa

2.6.3. SIGNO DE LA ORILLA DEL MAR

El signo de la playa (movimiento pulmonar) se observa claramente en el modo M (tiempo de movimiento), en el que se distinguen dos zonas bien diferenciadas. La parte superior que corresponde a la pared torácica, formada por líneas horizontales paralelas y la parte inferior, desde la pleura de aspecto granulado, como arena de playa.

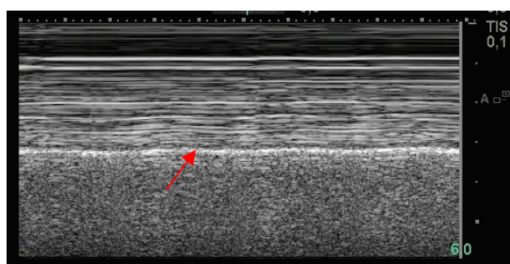


Figura 15. Eco TT normal en Modo M. Se muestra el signo de la orilla de mar. En el modo M, el tejido subcutáneo aparece como líneas paralelas horizontales (mar) hasta la línea pleural (flecha). El pulmón, debajo de la línea pleural, se mueve con la respiración y por ello las líneas horizontales desaparecen con el movimiento, simulando la arena. Hospital de La Princesa

2.6.4. SIGNO DE LA MEDUSA

Se corresponde con una atelectasia completa de un lóbulo pulmonar (generalmente inferior) que “flota” sobre un derrame pleural masivo.

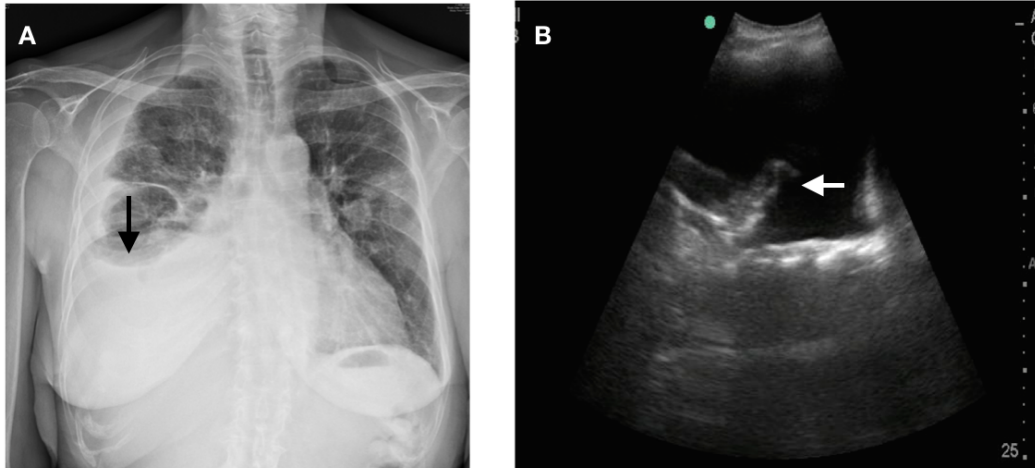


Figura 16. Imagen radiográfica (A) y ecográfica(B) del mismo paciente. Se muestra el signo del menisco (flecha negra) y el signo de la medusa (flecha blanca). Hospital de La Princesa

2.6.5. SIGNO DEL PLANCTON

Imágenes puntiformes hiperecogénicas móviles en el seno de un derrame pleural. Son indicativas de un exudado o hemotórax.

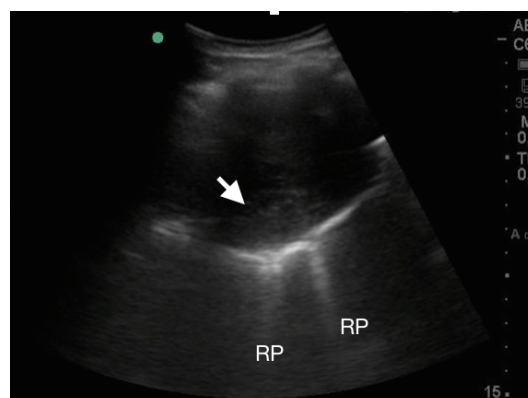


Figura 17. Eco TT en modo B. Se muestra derrame pleural encapsulado, con el signo del plancton en su interior (flecha), también se aprecia el signo del reforzamiento posterior (RP). Hospital de La Princesa

2.6.6. SIGNO DEL PUNTO PULMONAR

Representa el punto de separación entre la pleura parietal y visceral en el seno de un neumotórax parcial. Se puede apreciar tanto en modo B como en modo M, en este último se produce una sucesión de imágenes alternantes normales (arenosas) durante la inspiración y anormales (líneas horizontales) durante la espiración, dado que en la inspiración una parte del pulmón toca o alcanza a la pared torácica haciéndose visible.

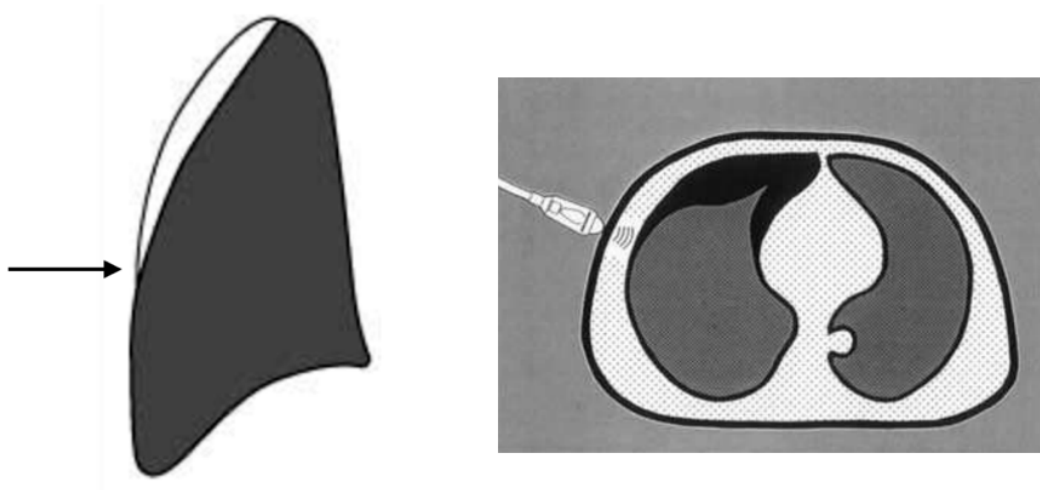


Figura 18. Esquema de neumotórax parcial derecho. Se muestra el signo del punto de pulmón (flecha), que se define como el punto de transición entre el pulmón aireado y el neumotórax (30)

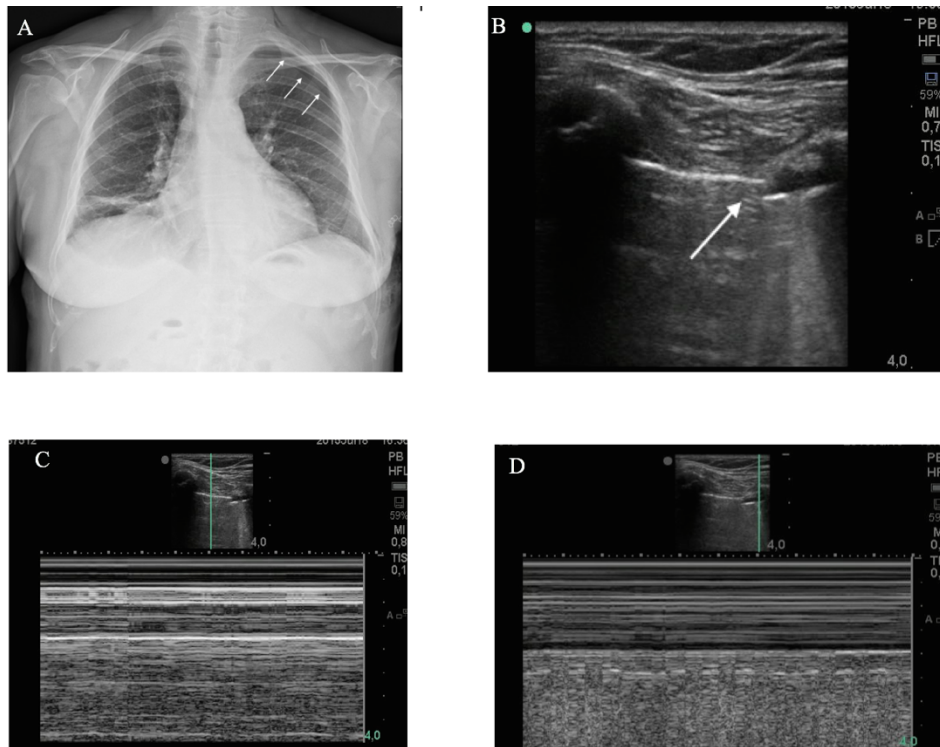


Figura 19. Imágenes radiográficas y ecográficas realizadas al mismo paciente con neumotórax parcial izquierdo (flechas) (A). Se aprecia el signo de punto de pulmón (flecha) con pérdida de la línea pleural y ausencia de líneas B (B) con imágenes realizadas en modo M sobre el neumotórax "signo de la estratosfera"(C) y sobre el pulmón expandido "signo de la playa"(D). Hospital de La Princesa

2.6.7. SIGNO DE LA ESTRATOSFERA O DEL CÓDIGO DE BARRAS

En modo M solo se visualizan líneas horizontales paralelas.

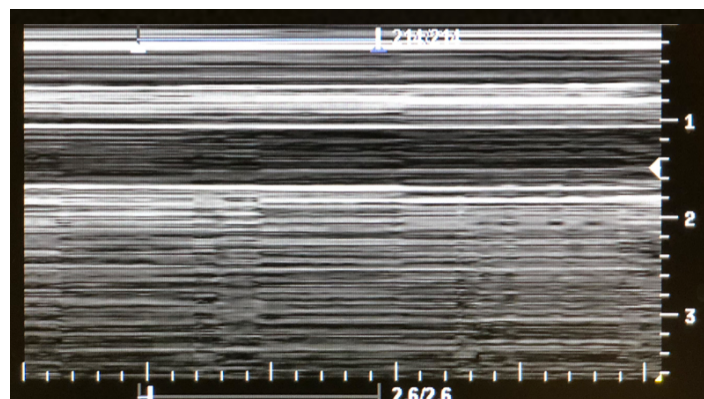


Figura 20. Eco TT en modo M. Se muestra el signo de código de barras. Hospital de La Princesa

2.6.8. SIGNO DEL LATIDO PULMONAR "PULSO - PULMÓN"

Representa la transmisión del latido cardiaco al pulmón, es más acentuado en el hemitórax izquierdo. En el modo M el aspecto granulado se intensifica con líneas verticales a intervalos coincidentes con el latido cardiaco.

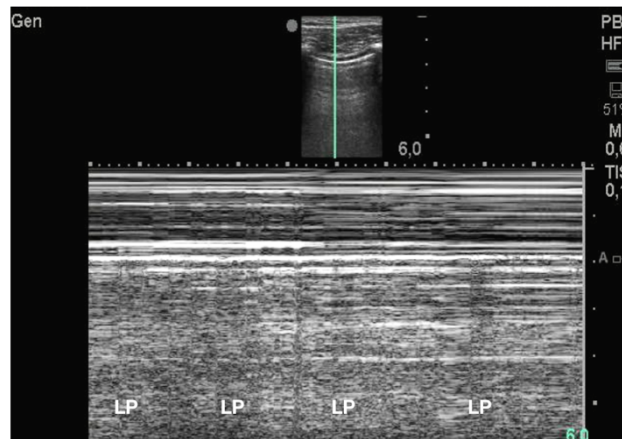


Figura 21. Eco TT normal en modo M. Se aprecia el signo del latido pulmonar (LP). Hospital de La Princesa

2.6.9. SIGNO DE LA CORTINA

Imagen hipoecoica que desplaza la línea pleural.

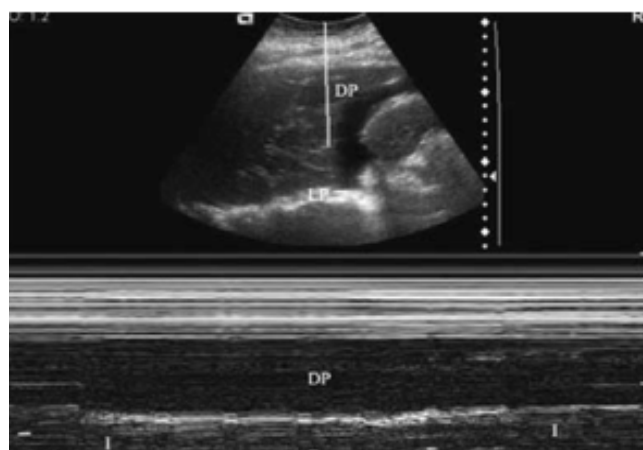


Figura 22. Eco TT en modo B (superior) y M (inferior). Se muestra el signo de la cortina. Derrame pleural (DP). Hospital de La Princesa

2.7. ECOGRAFÍA TRANSTORÁCICA NORMAL

Los hallazgos ecográficos en el pulmón normal son el signo del deslizamiento pulmonar, la línea pleural, y las líneas A y B. En el pulmón normal, se pueden visualizar 2-3 líneas B separadas a una distancia de aproximadamente 7 mm, localizadas en los últimos espacios intercostales por encima del diafragma (30) .

La pared torácica se ve como una serie de capas de tejidos blandos. Las más superficiales, ecogénicas, corresponden a la piel, y las inmediatamente inferiores, hipoecoicas, al tejido celular subcutáneo y a los músculos intercostales (31). El hecho de que los ultrasonidos sean atenuados por el aire, y, a su vez, se reflejen por la gran diferencia de impedancia acústica en la interface pleura-pulmón, hace que el parénquima pulmonar normal no sea visible por debajo de la pleura, pero si sus artefactos. Es así como esos artefactos considerados sugestivos de normalidad son la pauta de referencia que sugiere ausencia de enfermedad, lo cual se podrá detectar de forma práctica y rápida.

2.8. ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA PLEURAL

2.8.1. NEUMOTÓRAX

La Eco TT tiene una sensibilidad de 100 %, especificidad de 91 % y un valor predictivo positivo del 87 % para el diagnóstico de neumotórax. Se ha encontrado que posee una mayor efectividad en el diagnóstico del neumotórax a diferencia de las radiografías (32) y esto se ha podido documentar en diferentes publicaciones encontrando un valor predictivo negativo del 100% para descartarlo (5).

La interposición de aire entre las dos hojas pleurales evita la presencia del deslizamiento pleural y de las líneas B. El neumotórax se debe buscar en las proyecciones anteriores en el paciente en decúbito supino. El enfoque inicial parte de la búsqueda del deslizamiento pleural, su ausencia es el primer signo de alarma o sospecha de esta patología, y se debe confirmar con el modo M

donde encontraremos un patrón denominado signo del «código de barras» (16) (33).

Las imágenes ultrasonográficas del neumotórax son las siguientes:

Pérdida del movimiento ondulante de la línea pleural

La pérdida de movimiento ondulante está relacionada con la ausencia de desplazamiento de las dos hojas pleurales por la presencia de aire. Este signo dinámico se acentúa en el modo M, en el cual la pérdida de la dinámica pleural y el aire dan una imagen de líneas horizontales sobrepuestas a la que se denomina “signo de la estratosfera”. La pérdida del movimiento ondulante pleural no es patognomónica de neumotórax, tiene una especificidad de 96.5 %. Su ausencia, además del neumotórax, se ha descrito en fibrosis pleural, paquipleuritis, condensación pulmonar y síndrome de insuficiencia respiratoria del adulto, consideraciones que se deben tomar en cuenta al practicar el estudio ecográfico.

Signo del punto pulmonar

Otro hallazgo descrito, es la presencia del punto de pulmón, que representa el punto de transición entre el patrón sonográfico típico del neumotórax (ausencia de deslizamiento pulmonar y de líneas B) y el patrón normal de deslizamiento pulmonar. El signo del punto de pulmón representa el punto de separación de la pleura visceral con la parietal (representa el límite físico del neumotórax según lo mapeado en la pared costal), esto permite emplearlo para detectar la extensión del neumotórax, pero no su volumen (34). El signo del punto pulmonar es un signo patognomónico de neumotórax y tiene una sensibilidad de 66 % con especificidad de 100 % para el diagnóstico de neumotórax. Este signo se presenta preferentemente cuando el neumotórax es anterior y no está a tensión (35) (14) (36) .

Líneas A

Las líneas A son parte del patrón ultrasonográfico normal, pero también se pueden observar en el neumotórax. Las líneas A se generan por la barrera estática que impone el aire al haz ultrasónico. La presencia de líneas A en neumotórax se denomina “signo de la línea A”. El signo de la línea A tiene una sensibilidad y valor predictivo negativo de 100 %, especificidad de 60 % y valor predictivo positivo de 42 %.

Ausencia de líneas B

La presencia de líneas B (colas de cometa) descarta el diagnóstico de neumotórax, debido a que éste condiciona pérdida de la impedancia acústica entre el aire y el agua de los septos interlobulares subpleurales. Por este motivo, ante la sospecha de neumotórax el operador deberá ser muy cauteloso en su detección. La ausencia de líneas B tiene una sensibilidad y especificidad de 97 % para el diagnóstico de neumotórax.



Figura 23. Eco TT en modo B. Paciente con neumotórax. Hospital de La Princesa

2.8.2. DERRAME PLEURAL

El diagnóstico de derrame pleural a través de la ecografía fue descrito en 1967 por Joyner (13). El ultrasonido permite evaluar tanto el volumen (37) (38) como la naturaleza del derrame y definir el área donde realizar la toracocentesis de una manera más certera que la radiografía de tórax. La ecografía es igualmente útil para diferenciar un pequeño derrame pleural de una lesión pleural sólida o de una atelectasia (39).

La ecografía es más precisa (sensibilidad del 100% y especificidad del 99,7%) que la radiografía convencional para detectar derrames pleurales, ya que puede visualizar a partir de 5 ml de líquido (40), mientras que para su visualización en la radiografía posteroanterior de tórax se necesitan 150 ml, y hasta 525 ml en la proyección anteroposterior en decúbito supino (22).

El volumen del derrame pleural puede calcularse mediante diversas ecuaciones basadas en la medición del grosor lateral de la columna de líquido, la altura del fluido subpulmonar y el grosor del recubrimiento del pulmón (41). El método más sencillo consiste en multiplicar el grosor de la columna lateral de líquido (en mm) por un factor empírico de 90, con lo que se obtiene el volumen de derrame pleural en mililitros. La estimación del volumen del derrame pleural es más precisa mediante ecografía que en radiografías (42).

El líquido pleural generalmente aparece como un área anecoica (negra) o hipoecogénica en comparación con el hígado, rodeada de límites anatómicos típicos. Se deben cumplir tres criterios ecográficos para garantizar la presencia de un derrame pleural (43).

- El hallazgo de un espacio libre de eco (aparece negro y sin punteado) dentro de la cavidad torácica.
- El hallazgo de los límites anatómicos típicos que rodean el derrame: el interior de la pared del tórax, el diafragma y la superficie del pulmón.

- La presencia de características dinámicas típicas del líquido pleural, como el movimiento diafragmático, el movimiento pulmonar, el movimiento del material ecogénico dentro del líquido (septos, restos celulares) y cambios en la forma del derrame pleural con el ciclo respiratorio, que determina la imagen del “signo de la cortina”, que se presenta tanto en el modo B como en el modo M.

Existen ciertos tipos de derrames pleurales que tienen ecogenicidad variable o aumentada dando una apariencia atípica del líquido pleural, por ejemplo:

- La obesidad mórbida y el edema de la pared torácica pueden degradar la calidad de la imagen de modo que las características típicas del ultrasonido no son perceptibles.
- Los derrames loculados complejos pueden ser hiperecogénicos y estar ubicados en una parte no dependiente del tórax. El hemotórax y el empiema pueden ser isoecoicos con el hígado y no presentar cambios dinámicos con la respiración.
- La presencia de engrosamiento pleural o diafragmático o nodularidad, o un patrón de remolinos ecogénicos es sugestivo de un derrame pleural maligno (27) (44) (45).

Aunque la clasificación de un derrame en exudado o trasudado es a veces difícil, incluso con criterios de laboratorio, la distinción es útil en términos de actitud diagnóstico-terapéutica. Las características del derrame en la ecografía pueden ayudar a diferenciar uno de otro (46). En general, los trasudados son anecoicos, pero un derrame anecoico puede ser cualquiera de los dos. Sin embargo, un derrame complejo (tabicado o no) y uno ecogénico difusamente son siempre exudados. Estos últimos se corresponden habitualmente con hemotórax o empiemas. Otros signos que apoyan la naturaleza de exudado del derrame son la presencia de una consolidación, el engrosamiento y la existencia de nódulos pleurales.

Así pues, la Eco TT ofrece una ayuda diagnóstica temprana en la diferenciación del tipo de colección que puede estar en un derrame (46). De acuerdo con la apariencia ecográfica, el derrame pleural se clasifica en los siguientes tipos:

Derrame pleural simple

Se trata de un derrame pleural totalmente anecoico.

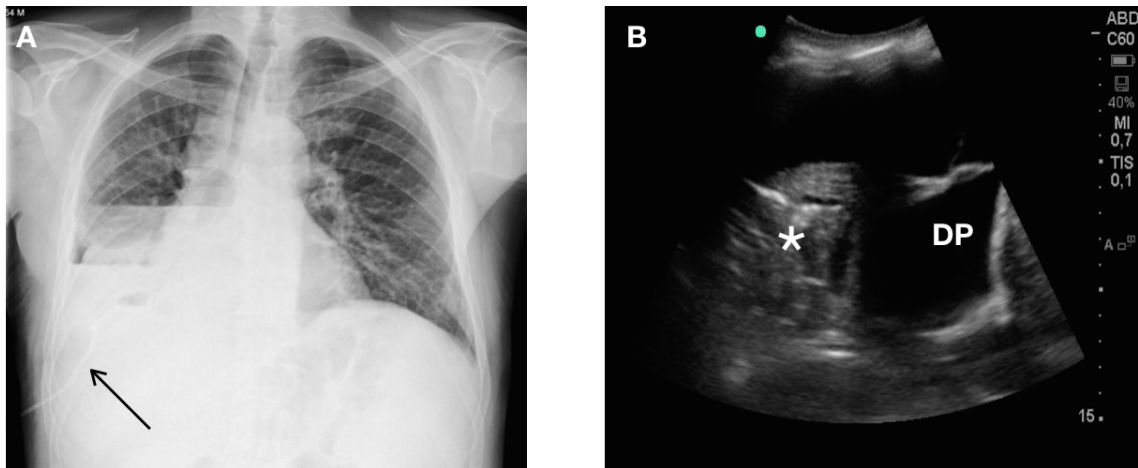


Figura 24. Imágenes radiográficas (A) y ecográficas (B) del mismo paciente. Hidro-neumotórax derecho en paciente con hidrotórax hepático. Se observa derrame pleural anecoico (DP) y pulmón consolidado (*), la flecha indica el drenaje pleural tipo pigtail (su colocación fue guiada por ecografía). Hospital de La Princesa

Derrame pleural complejo no tabicado (sin septos)

Sí existe material ecogénico en el seno de un derrame anecoico, generalmente puntiforme.

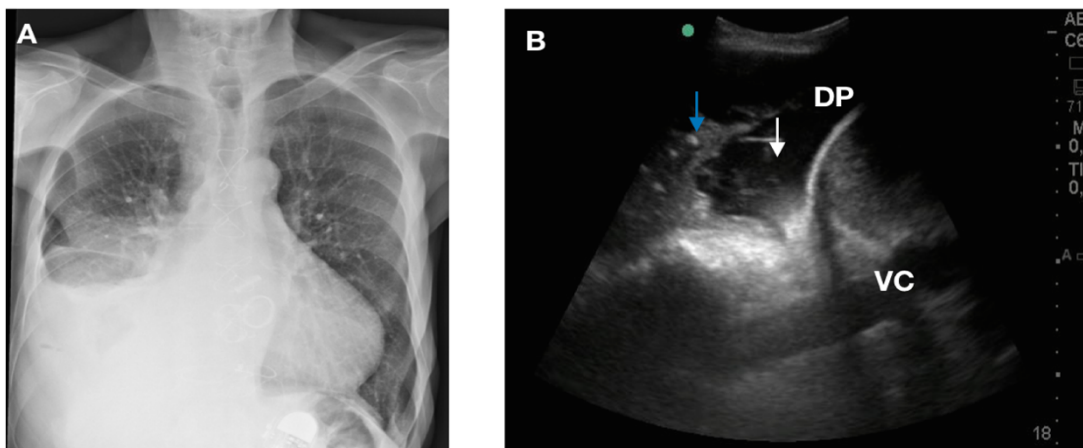


Figura 25. Imágenes radiográficas (A) y ecográficas (B) realizadas al mismo paciente. Derrame pleural derecho tipo hemotórax. Se muestra derrame pleural con material ecogénico en su interior (flecha blanca), consolidación pulmonar con broncograma aéreo (flecha azul) y vena cava inferior (VC). Hospital de La Princesa

Derrame pleural complejo tabicado (septado)

Sí el material ecogénico tiene forma de filamentos o tabiques.

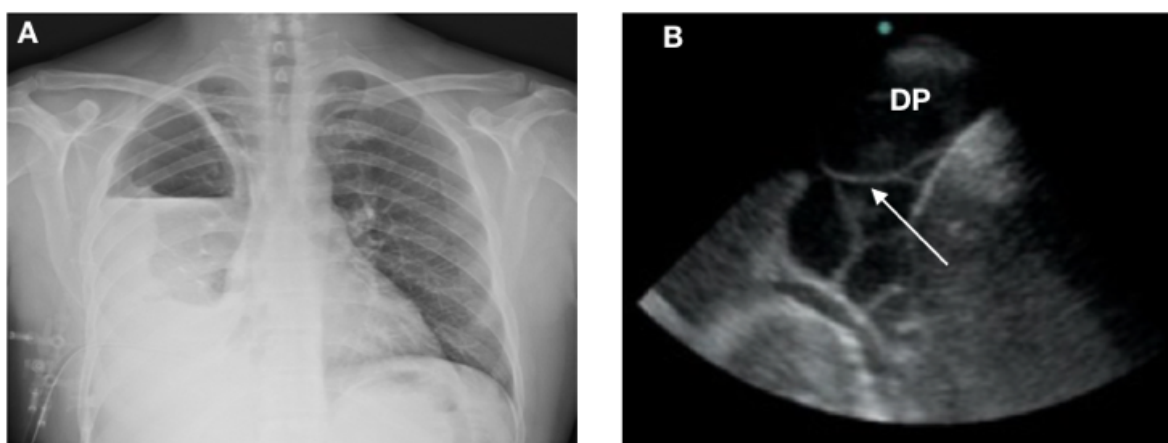


Figura 26. Imágenes radiográficas (A) y ecográficas (B) del mismo paciente. Hidro - neumotórax derecho paraneumónico. Derrame pleural (DP) con septos en su interior (flecha). Hospital de La Princesa

Derrame pleural ecogénico difuso

Su apariencia con ecogenicidad aumentada homogéneamente se corresponde con la presencia de tejido desvitalizado, proteínas, fibrina y sangre.

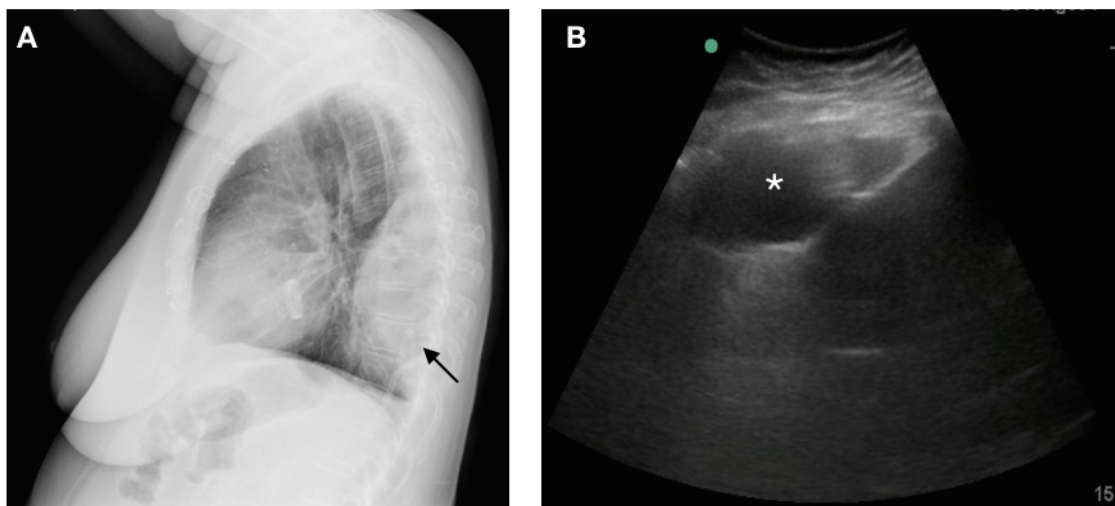


Figura 27. Imágenes radiográficas (A) y ecográficas (B) del mismo paciente. Derrame pleural posterior encapsulado tipo empiema (*). La flecha indica la ubicación del drenaje tipo pigtail (guiado por ecografía). Hospital de La Princesa

2.9. ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA PULMONAR

2.9.1. CONSOLIDACIÓN PULMONAR

En la consolidación pulmonar los espacios aéreos están rellenos de líquido o células inflamatorias, por lo que, en esta situación, el pulmón aireado que es altamente reflexógeno se convierte en una masa sólida, densa y con buena transmisión sónica. A diferencia de otras patologías la consolidación alveolar aparece en cualquier sector del pulmón, pero es importante tener presente que la consolidación puede ser una atelectasia, una neumonía, una contusión pulmonar o una lesión tumoral, entre otras (47).



Figura 28. Adenocarcinoma primario de pulmón. Imagen radiográfica (A), tomográfica (B) y ecografía (C) del mismo paciente. En la imagen ecográfica se aprecia consolidación pulmonar de predominio hipoecogénico (*) con ausencia de broncograma aéreo que no infiltra pared torácica, presenta margen bien delimitado con el pulmón aireado (flechas verdes) y se acompaña de pequeño derrame pleural (flecha roja). Hospital de La Princesa

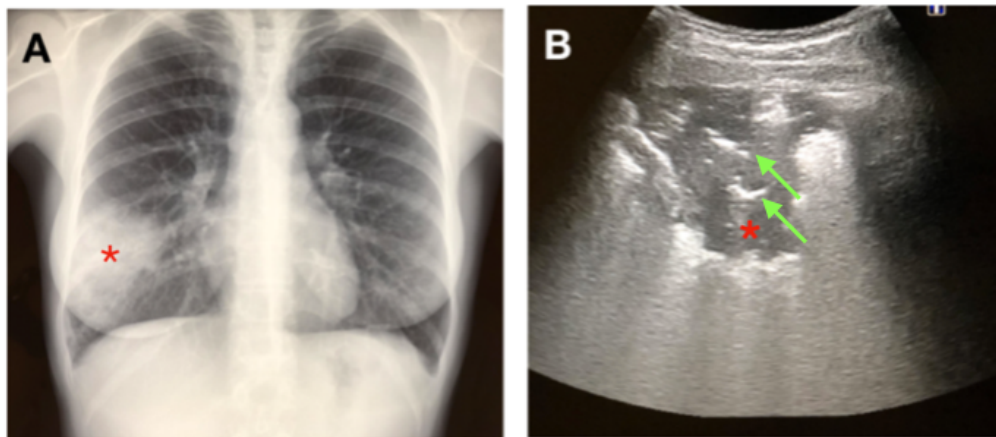


Figura 29. Imágenes radiográficas (A) y ecográficas (B) del mismo paciente quien presenta fiebre, dolor pleurítico derecho y elevación de reactantes de fase aguda, La Rx de tórax muestra una consolidación en base derecha (*). La ecografía muestra una consolidación parenquimatosa (*) de bordes aserrados con imágenes lineales ecogénicas correspondientes a broncograma aéreo (flechas), compatible con neumonía. Hospital de La Princesa

Para poder diagnosticar una consolidación pulmonar se deben dar dos requisitos. El primero es su localización intratorácica. Para esto en las zonas basales es importante localizar el diafragma, ya que en supino y con pérdida de volumen, tanto el hígado como el bazo pueden estar localizados más cranealmente y, por su aspecto, confundirse con una consolidación. El segundo es que exista contacto con la pleura para que los ultrasonidos la "vean". Esta condición se cumple en la inmensa mayoría de las consolidaciones (90%), pero a veces hay que ser exhaustivo en la exploración de todas las áreas, especialmente las dorsales, para que no pasen desapercibidas.

Los criterios diagnósticos de la presencia de una consolidación pulmonar son los siguientes:

Patrón tisular

Similar al del tejido de órganos sólidos como el hígado. Es el único criterio imprescindible, el resto se consideran adicionales (48) (33).

Ausencia de artefactos (líneas A o B)

El reemplazo de aire por otro tipo de material (edema, celularidad) o su ausencia (colapso) impide la formación de los artefactos que dependen de la interacción en la interface aire/fluido.

Presencia de broncograma aéreo (imagen hiperecogénica móvil con el ciclo respiratorio) y alveolograma aéreo

La existencia de aire en las vías aéreas se manifiesta como imágenes hiperecogénicas puntiformes o lineales, en función de que se corten transversal u horizontalmente. Representan el aire en el interior de los bronquios o alveolos rodeados del pulmón consolidado (49).

La Eco TT ayuda a distinguir la naturaleza de la consolidación, pero son otros criterios clínicos y otras pruebas complementarias los que orientaran el

diagnóstico. No obstante, empiezan a aparecer trabajos que tratan de encontrar criterios discriminativos entre unas y otras. Así, recientemente, el grupo de Lichtenstein ha comunicado que la presencia de broncograma aéreo dinámico puede servir para el diagnóstico diferencial entre la neumonía y la atelectasia por reabsorción (50). Este signo se basa en el cambio que experimentan en la longitud (>1 cm) las líneas hiperecogénicas con los movimientos respiratorios, pero para esto es preciso no modificar el plano de exploración. Algunos hallazgos ecográficos adicionales pueden ayudar a discriminar entre las diferentes causas de las consolidaciones.

Tabla 2. Diagnóstico diferencial ecográfico de la consolidación pulmonar (51-53) (21)

	Neumonía	Tromboembolismo pulmonar	Carcinoma Broncogénico	Atelectasia
Ecogenicidad	Variable	Hipoecoica	Hipoecoica	Moderadamente ecoica
Forma	Irregular	Triangular	Polilobulada	Variable
Contornos	Irregulares	Bien delimitados	Infiltrantes	Bien delimitados
Broncograma aéreo	Muy frecuente. Móvil	No	No	Frecuente. Móvil
Doppler color	Aumentada	Ausencia de flujo	Presente	Aumentada

2.9.2. SÍNDROME INTERSTICIAL

El síndrome intersticial involucra un grupo de patologías que tienen como denominador común la afectación del intersticio pulmonar. Una de las características es el engrosamiento de los septos interlobulillares, ya sea por fluidos o por densidad de partes blandas (por ej: fibrosis, carcinomatosis) y que conlleva la disminución del aire alveolar. Los septos interlobulillares se visualizan en la ecografía por la presencia de artefactos denominados “líneas B” que constituyen la herramienta esencial en el diagnóstico ecográfico del síndrome intersticial (34).

Existe evidencia de la utilidad de la ecografía en la detección de la enfermedad intersticial. Se ha publicado recientemente un estudio prospectivo que comparó

la Eco TT y la Rx de tórax (utilizando en ambos casos como gold standard la TC de tórax de alta resolución) en la detección de la enfermedad pulmonar intersticial, determinando una alta sensibilidad (92%) de la ecografía y una baja especificidad (79%) en contraposición con la Rx de tórax que demostró una baja sensibilidad del 48% y una mayor especificidad (91%). La ecografía transtorácica por tanto ha demostrado tener un alto valor predictivo negativo, siendo superior que la Rx de tórax en descartar el síndrome intersticial (54).

Las diversas condiciones que forman parte de este síndrome pueden ser de presentación aguda o crónica. Dentro de las agudas se incluyen el edema pulmonar (EP), el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), la neumonía intersticial o neumonitis y de las crónicas las enfermedades pulmonares intersticiales difusas (EPID).

La presencia de más de tres líneas B (en una sola imagen) tiene una correlación con los hallazgos de la radiografía de tórax del 93% y del 100% cuando se compara con la tomografía axial computarizada. Existen ciertas hipótesis que ayudarían a clasificar estos artefactos en función de su morfología y la separación que existe entre ellos (7).

Teniendo en cuenta la separación se denominan líneas B8 aquellas que se encuentran separadas aproximadamente 8 mm, mientras que se denomina líneas B3 a aquellas en que la separación es inferior a los 8 mm. La hipótesis que se postula es que las líneas B8 están originadas en los septos interlobulillares que se encuentran separados aproximadamente 8 mm, mientras que las líneas B3 sugeriría una afectación alveolar ya que se origina en el espacio comprendido entre dos septos interlobulillares contiguos. De esta forma se podría hacer una correlación con la radiología convencional asimilando las líneas B8 a las líneas B de Kerley y las líneas B3 al patrón en vidrio deslustrado (55).

Teniendo en cuenta la morfología sonopatogénica de las líneas B se pueden distinguir dos tipos de artefactos, los originados por engrosamiento de los septos y los originados por acúmulo de líquido. En el primer caso (fibrosis o depósito),

las líneas B serían de tipo "cola de cometa", que se caracterizan por atenuarse hasta desaparecer a medida que van avanzando en la profundidad de la imagen. En el segundo caso las líneas B serían de tipo "ring down" y no sufren atenuación, de tal forma que pueden visualizarse hasta el fondo de la imagen.

Tomando en consideración ambas hipótesis, se pueden establecer distintos patrones que ayudarían a orientar el diagnóstico (56):

Patrón de patología intersticial aguda

Los artefactos serían de tipo *ring down* y la separación entre ellos sería de 8 mm si no existe afectación alveolar (primeras fases del EP) o inferior a 8 mm si existe afectación alveolar (fase avanzada del EP o SDRA). El EP se caracteriza por afectar de forma difusa ambos pulmones, y por la presencia de derrame pleural casi constante (95%). El SDRA la distribución afecta de forma parcheada al pulmón y el derrame pleural es menos frecuente (60%).

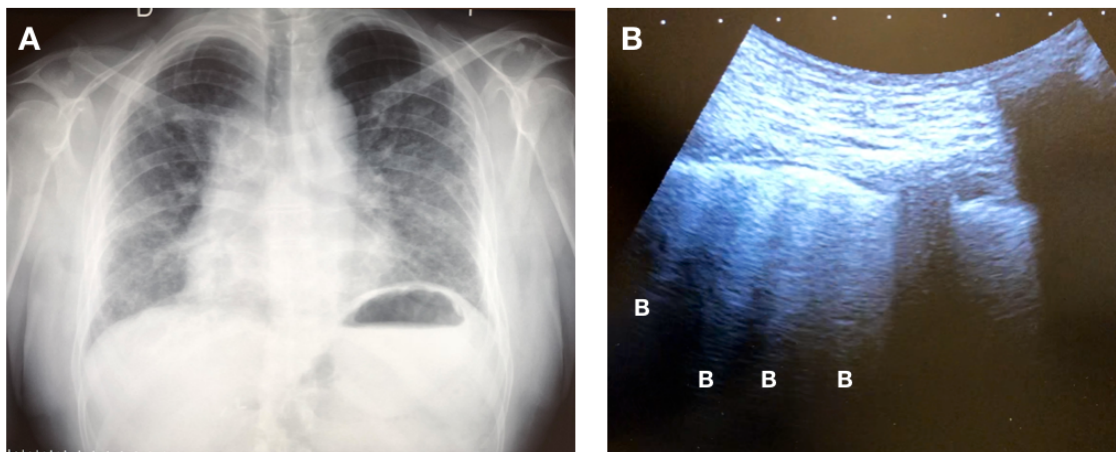


Figura 30. Síndrome intersticial agudo. Rx de tórax (A) y Eco TT (B) realizadas al mismo paciente, se aprecian líneas (B). Hospital de La Princesa

Patrón de patología intersticial crónica

La imagen típica sería la de la presencia de artefactos en cola de cometa separados a una distancia media de 8 mm, tal es el caso de la fibrosis pulmonar idiopática y otras patologías intersticiales. Generalmente se asocia con alteraciones de la línea pleural, tales como irregularidades pleurales o la presencia de nódulos subpleurales (57).

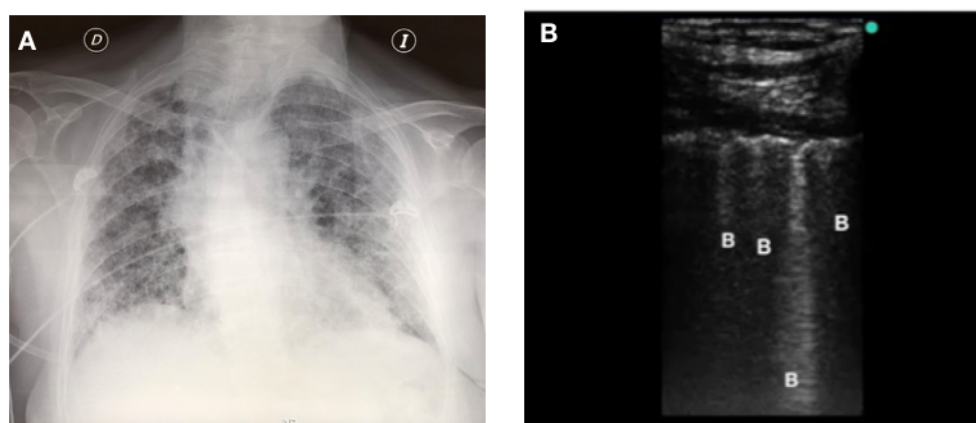


Figura 31. Fibrosis pulmonar. Rx de tórax (A) y Eco TT (B), se aprecian líneas (B). Hospital de La Princesa

2.10. ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA DEL DIAFRAGMA Y LA PARED TORÁCICA

2.10.1. DIAFRAGMA

Mediante la ecografía en tiempo real es posible estudiar tanto el desplazamiento del diafragma (movimiento y su cuantificación) durante los movimientos respiratorios espontáneos (58) (59) como su engrosamiento (60). Con ello se puede valorar la presencia de parálisis diafragmáticas (61), así como las posibles disfunciones de dicho músculo por afectación neuromuscular especialmente en pacientes con ventilación mecánica prolongada.

Sin embargo la exploración ecográfica del diafragma es dificultosa y, en condiciones normales, se realiza a través del abdomen (62). Por este motivo el diafragma izquierdo es más difícil de valorar, ya que el estómago, que contiene aire, impide la transmisión del haz de ultrasonidos (63). Los defectos del diafragma, ya sean congénitos, traumáticos o por hernias, aunque son de difícil valoración, su visualización se ve favorecida cuando se asocian a derrame pleural, ya que el líquido actúa de ventana acústica.

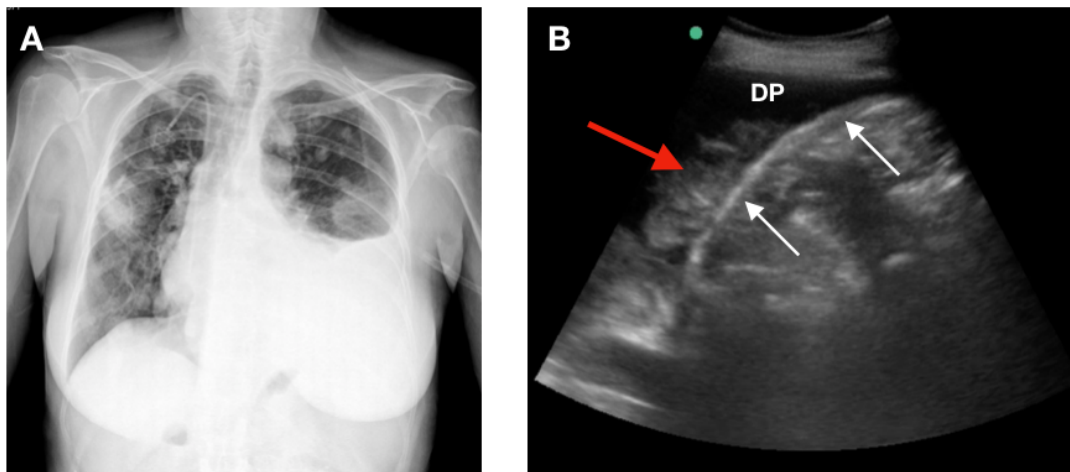
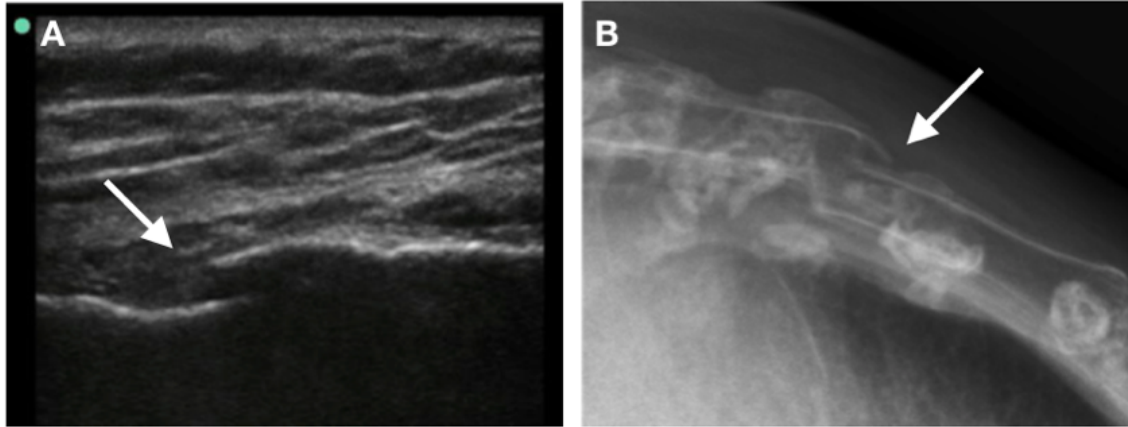


Figura 32. Imagen radiográfica (A) y ecográfica (B) del mismo paciente. Se muestra derrame pleural maligno (DP) e implante tumoral (flecha roja) sobre el diafragma (flechas blancas). Hospital de La Princesa

2.10.2. PARED TORÁCICA

La patología de la pared torácica es relativamente frecuente y el hecho de que se trate de una estructura superficial hace que la Eco TT sea una herramienta muy útil y frecuentemente definitiva a la hora de hacer diagnósticos ya sea en patología tumoral, inflamatoria/infecciosa o traumática.

La ecografía es útil en la detección de fracturas costales y del esternón y es más sensible que la radiografía convencional (64) (65). La ecografía permite asimismo la detección de metástasis costales, al demostrar la existencia de lesiones hipoecogénicas que sustituyen a la hiperecogenicidad normal de la cortical ósea (66).



**Figura 33. Fractura esternal. Imágenes ecográficas (A) y radiográficas (B) del mismo paciente. Se muestra pérdida de continuidad de la cortical ósea (flechas).
Hospital de La Princesa**

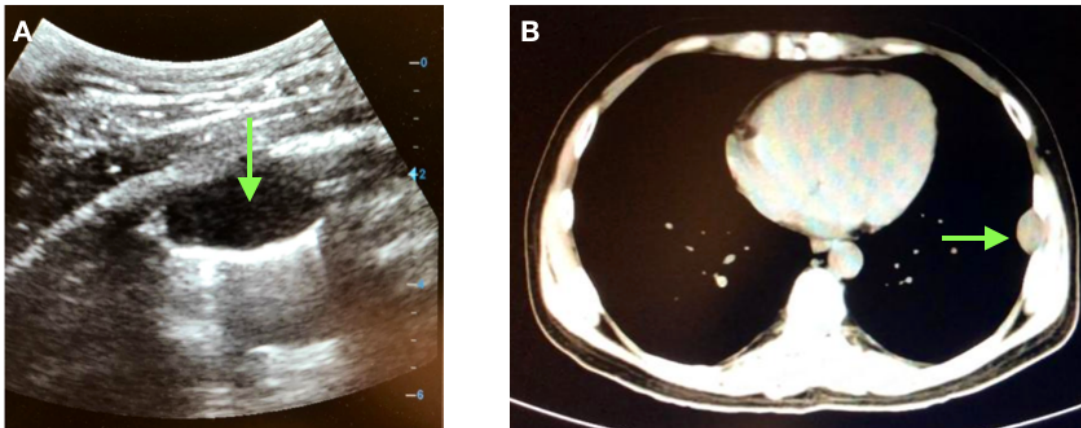


Figura 34. Tumor neurogénico. Imágenes ecográficas (A) y tomográficas (B) realizadas al mismo paciente. Se muestra nódulo en pared costal (flechas), hipoecoico, homogéneo (A)

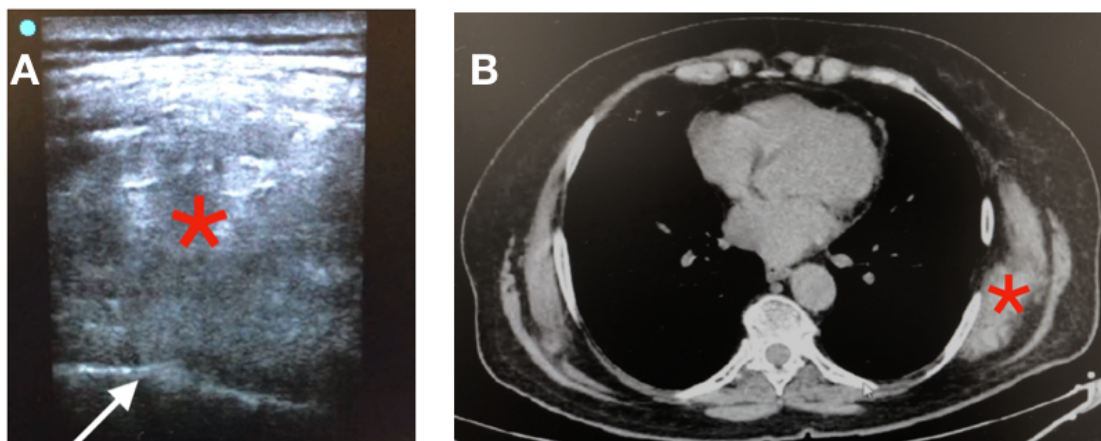


Figura 35. Elastofibroma izquierdo. Imágenes ecográficas (A) y tomográficas (B) realizadas al mismo paciente. Se muestra una masa hipoecoica, heterogénea mal definida y profunda (*), la flecha indica la línea pleural.

DIAGNÓSTICO DE LA HIPOXEMIA BASADO EN ECOGRAFÍA – ALGORITMO BLUE

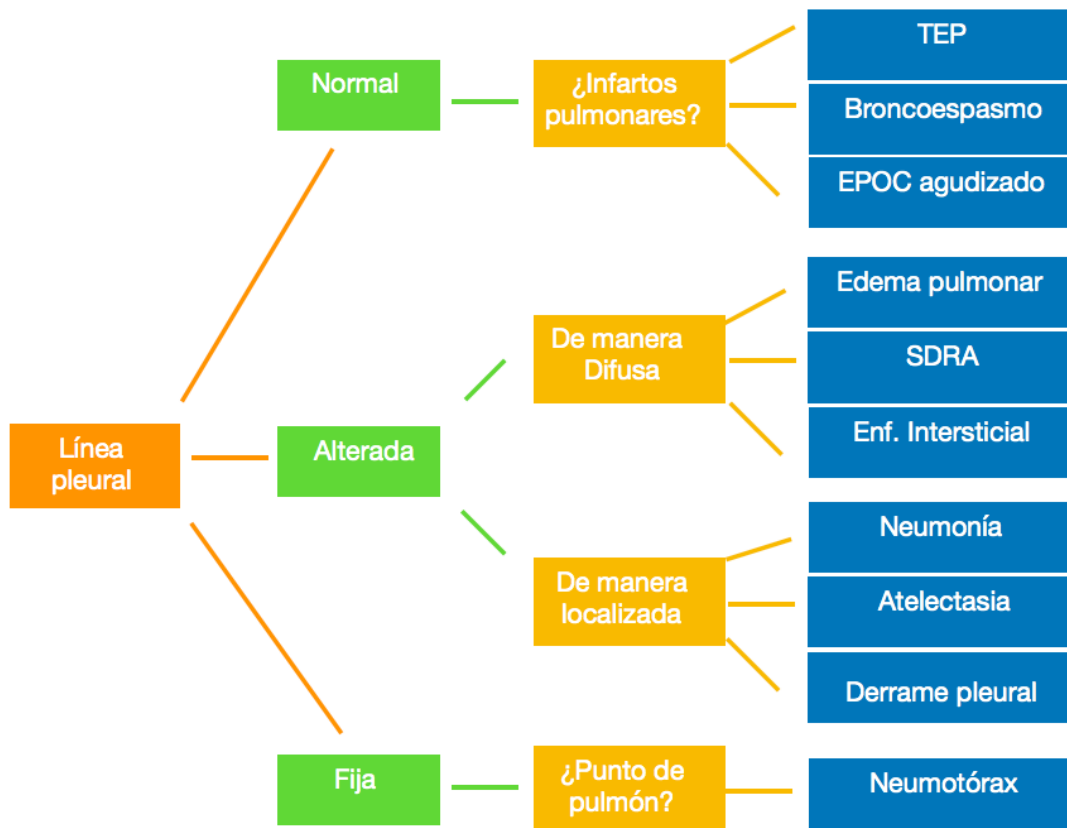


Figura 36. Versión resumida del protocolo BLUE

El abordaje clásico del diagnóstico de la hipoxemia basado en ecografía, recogido en el algoritmo del protocolo BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) fue publicado por Lichtenstein en el 2008 (67). Los conceptos básicos que fundamentan el protocolo BLUE son:

- Hallazgos localizados o difusos.
- Normalidad y movilidad de la línea pleural (líneas B, condensación, derrame).

Este protocolo se usa para distinguir entre cuatro grupos etiológicos principales:

- Edema o infiltrado alvéolo-intersticial difuso.
- Patología limitada a una zona del pulmón como neumonía, derrame pleural o atelectasia.
- Neumotórax.
- Insuficiencia respiratoria sin hallazgos en ecografía transtorácica (TEP, broncoespasmo severo, EPOC agudizado).

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

1. HIPÓTESIS

- Los hallazgos diagnósticos de la ecografía transtorácica concuerdan con los hallazgos diagnósticos de la radiografía de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica.
- La eficacia diagnóstica de la ecografía transtorácica es equivalente a la eficacia diagnóstica de la radiografía de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica.
- La ecografía transtorácica podría reemplazar completamente a la radiografía de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica.

2. OBJETIVOS

- Calcular la concordancia diagnóstica entre la ecografía transtorácica y la radiografía de tórax en los pacientes operados de cirugía torácica.
- Evaluar la equivalencia diagnóstica entre la ecografía transtorácica y la radiografía tórax en los pacientes operados de cirugía torácica.
- Evaluar la utilidad de la ecografía transtorácica como prueba de diagnóstico precoz en el postoperatorio de los pacientes sometidos a cirugía torácica en comparación con la radiografía de tórax.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio observacional, prospectivo, con inclusión secuencial de 60 pacientes en el postoperatorio de cirugía torácica desde julio de 2015 hasta noviembre del mismo año.

1.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se ha llevado a cabo un muestreo sistemático con asignación consecutiva de pacientes a cada uno de los grupos. Teniendo en cuenta un estudio piloto de 10 sujetos (20 hemitórax), 10 exploraciones ecográficas y 10 Rx de tórax (una Eco y Rx por cada sujeto) el tamaño muestral para estimar como significativa una concordancia $\geq 0,6$, supuesta una proporción de hallazgos positivos de al menos 0,2 y utilizando un nivel alfa de 0,05 y beta de 0,2 y un contraste unilateral, ha sido de 60 sujetos, 60 exploraciones ecográficas y 60 Rx de tórax (una Eco y Rx por cada sujeto) (68). La homogeneidad entre pares de índices kappa se puso a prueba mediante la prueba de chi-cuadrado (ji-cuadrado) propuesta por Fleiss (69). El análisis estadístico ha sido realizado con los programas IBM SPSS 21 (IBM Corp. (Armonk, Nueva York) y Epidat 4.0.

1.2. ESCENARIO

El estudio ha sido realizado en el Hospital Universitario de La Princesa (Madrid, España) y ha sido aprobado por el *Comité de ética local* (Nº de Registro: PI-800). Se ha obtenido un consentimiento informado escrito de cada paciente previo a la intervención quirúrgica.

1.3. POBLACIÓN

1.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Han sido incluidos pacientes de ambos sexos, en postoperatorio de cirugía torácica, con independencia de los síntomas, diagnóstico, tipo de procedimiento o abordaje quirúrgico.

1.3.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Han sido excluidos pacientes menores de 18 años de edad o que tenían enfisema subcutáneo.

2. INTERVENCIÓN

Han sido evaluados 120 hemitórax en 60 pacientes durante el postoperatorio de cirugía torácica con las dos pruebas diagnósticas primero la Eco TT y después la Rx de tórax. En total se han realizado 60 exploraciones ecográficas y 60 exploraciones radiográficas (una por cada paciente). 20 exploraciones (ecográficas y radiográficas) han sido realizadas en la unidad de reanimación postoperatoria en el postoperatorio inmediato (etapa postoperatoria inicial), 20 han sido realizadas en la planta de hospitalización cuando los pacientes aun portaban el drenaje pleural (etapa postoperatoria intermedia) y las otras 20 exploraciones han sido realizadas en la planta de hospitalización posterior a la retirada del drenaje pleural, en los días previos al alta hospitalaria (etapa postoperatoria final).

Antes de la apertura del estudio y la inscripción de los pacientes, el investigador que realizaba la Eco TT (cirujano torácico) se sometió a un curso teórico-práctico de ecografía pulmonar y posteriormente a una fase intensiva de entrenamiento de tres semanas supervisada por un experto en Eco TT (anestesista). Durante esta fase, se realizaron ecografías transtorácicas a pacientes en el postoperatorio de cirugía torácica y luego se compararon sus hallazgos con las radiografías de tórax del mismo día. Cuando los hallazgos eran inconsistentes, los evaluadores realizaban un segundo examen de ultrasonido del paciente previamente examinado para identificar adecuadamente los hallazgos que fueron mal interpretados la primera vez. Los pacientes que participaron en esta fase de aprendizaje no fueron incluidos en el estudio.

Las lecturas de las pruebas han sido realizadas de forma independiente por un único radiólogo torácico y por un único ecografista. Los datos ecográficos y radiográficos han sido recogidos en protocolos. Tanto el ecografista como el radiólogo desconocían el resultado de la otra prueba. Los resultados ecográficos no han sido compartidos con el equipo quirúrgico.

2.1. TÉCNICA DE EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA Y RADIOGRÁFICA

A todos los pacientes se les ha realizado una Eco TT de los 2 hemitórax (bilateral) a pie de cama. Para esto se ha utilizado un equipo de ecografía portátil tipo *M-Turbo de Sonosite* con una sonda lineal de alta frecuencia (13-6 mhz) y otra convexa de baja frecuencia (5-2 mhz). Para la realización de esta técnica sólo ha sido necesario utilizar la imagen bidimensional y en modo M.

Han sido examinadas 5 zonas en cada hemitórax, con el paciente en decúbito supino a 30 grados y con la mano detrás de la cabeza (Figura 37). La sistemática de exploración comenzaba por la zona anterosuperior, seguida secuencialmente por la anteroinferior, laterosuperior y lateroinferior, finalizando en la zona dorsal mediante una ligera inclinación del paciente y una leve aducción del brazo ipsilateral.

Las zonas 1 y 2 (área anterior) y las zonas 3 y 4 (área lateral) tienen la línea axilar anterior como divisoria. A su vez, cada área se divide en zona superior e inferior según una línea horizontal que atravesaría la unión del tercio medio con el inferior del esternón.

La Rx de tórax se ha realizado en decúbito supino con proyección anteroposterior (AP) en la etapa inicial y en bipedestación con 2 proyecciones (posteroanterior y lateral) en las etapas intermedia y final.

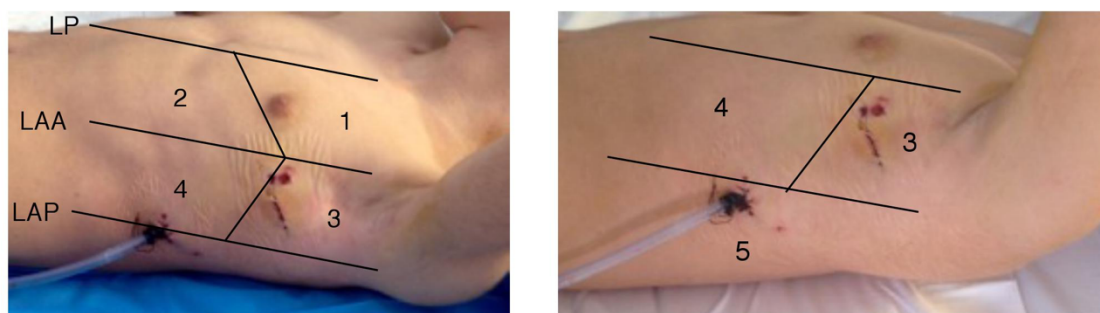


Figura 37 LP: línea paraesternal. LAA: línea axilar anterior. LAP: línea axilar posterior.
1. Zona antero-superior. 2. Zona antero-inferior. 3. Zona latero-superior.
4. Zona latero-inferior. 5. Zona postero-basal

3. VARIABLES DEL ESTUDIO

La información referente a las características básicas de los pacientes ha sido obtenida de los registros médicos del hospital.

Se han recopilado variables descriptivas como edad, sexo, diagnóstico, tipo de intervención (colocación de drenaje pleural, resección pulmonar mayor, resección pulmonar menor, cirugía del mediastino o de la cavidad pleural) tipo de abordaje quirúrgico (cirugía videotorascópica, toracotomía, esternotomía, cervicotomía), hemitórax operado (derecho o izquierdo), complicaciones postoperatorias, tipo de ventilación (espontánea o mecánica) al momento de la exploración y la cantidad total de radiografías por paciente durante su ingreso hospitalario.

Las evaluaciones ecográficas y radiográficas han tenido como objetivo detectar 4 variables principales: neumotórax, derrame pleural, consolidación pulmonar y el patrón intersticial.

3.1. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Neumotórax:

Es la presencia de aire en el espacio pleural (entre la pleura parietal y visceral). Origina un colapso pulmonar de mayor o menor magnitud.

Derrame Pleural:

Es la acumulación patológica de líquido en el espacio pleural.

Consolidación Alveolar:

Se define como todo proceso que densifique el parénquima pulmonar, en donde el aire alveolar es reabsorbido o reemplazado por otro elemento no gaseoso

como líquido, células o proteínas. Puede corresponder a varias etiologías como neumonía, atelectasia, infarto pulmonar o carcinoma.

Síndrome Intersticial:

Conjunto de situaciones clínicas que afecten principalmente el espacio intersticial. Puede corresponder a varias etiologías como el edema pulmonar agudo, la enfermedad pulmonar intersticial difusa (ej: fibrosis pulmonar) y el síndrome de distrés respiratoria agudo (SDRA).

3.2. CLASIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

La presencia o ausencia de algunas de estas variables han sido clasificadas como positivas o negativas respectivamente y como unilateral (hemitórax derecho o izquierdo) o bilateral. A su vez se ha cuantificado la intensidad del neumotórax en parcial o total (12) y del derrame pleural en leve, moderado o severo (13). Para este propósito han sido establecidos criterios diagnósticos radiográficos y ecográficos para cada una de las variables (Tabla 3) teniendo en cuenta la terminología recomendada por el Comité de Nomenclatura de la Sociedad Fleischner (14) y el Consenso Internacional de Expertos de 2012 (15).

Tabla 3. Criterios diagnósticos ecográficos y radiográficos de las 4 variables principales

	Criterios Ecográficos	Criterios Radiográficos
Neumotórax	<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de deslizamiento pleural y líneas B. - Signo del punto de pulmón (70). - Signo del código de barras. - Neumotórax parcial: criterios de neumotórax presentes en algunas zonas del hemitórax. - Neumotórax total: criterios de neumotórax presentes en todo el hemitórax. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la Radiolucencia normal, haciendo visible el borde de la pleura visceral. - Neumotórax parcial: separación parcial entre la pleura visceral y la parietal. - Neumotórax total: separación total entre la pleura visceral y la parietal (a todo lo largo de la cavidad pleural).
Derrame pleural	<ul style="list-style-type: none"> - Patrón anecoico o hipoecoico que separa la pleura visceral y la parietal con cambios durante la respiración. - Derrame pleural leve (limitado al ángulo costodiafragmático): cúpula diafragmática parcialmente visible. - Derrame pleural moderado: lóbulo inferior atelectásico. - Derrame pleural severo: pulmón colapsado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la densidad homogéneo superpuesto a los campos pulmonares. - Derrame pleural leve: cuando se produce un borramiento del ángulo costodiafragmático. - Derrame pleural moderado: cuando su tamaño es hasta medio hemitórax. - Derrame pleural severo: cuando su tamaño es mayor de medio hemitórax.
Consolidación pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> - Patrón tisular (hepatización pulmonar). - Presencia de alveolograma aéreo (imágenes hiperecogénicas puntiformes o lineales). 	<ul style="list-style-type: none"> - Opacidad heterogénea o con broncograma aéreo, con pérdida de la radiolucencia normal.
Patrón intersticial	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de más de 3 líneas B en las regiones anterior y lateral del tórax en una sola imagen(16). 	<ul style="list-style-type: none"> - Colección de innumerables opacidades lineales pequeñas que, en suma, producen una apariencia parecida a una red. - Líneas B de Kerley.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Se ha realizado un estudio observacional prospectivo. Analizando la concordancia de las 2 pruebas diagnósticas, expresando los resultados en porcentaje de acuerdo global (tasa de concordancia global), acuerdo positivo y acuerdo negativo, índice kappa de Cohen (proporción de acuerdo que excede el esperado por azar) y su significación estadística (p). De acuerdo con la clasificación de Landis y Koch (71), se han considerado adecuados valores del índice kappa de al menos 0,6. Además, para el cálculo de la concordancia en los diferentes momentos del estudio se ha considerado simultáneamente los posibles hallazgos presente/ausente en cualquiera de las cuatro variables objetivo del estudio.

IV. RESULTADOS

1. DESCRIPTIVOS

La muestra la conforman 60 pacientes. Distribuidos en tres grupos de 20 según el momento en que han sido evaluados con las dos pruebas diagnósticas (Rx de tórax y la Eco TT). El primer grupo ha sido evaluado en el postoperatorio inmediato, el segundo grupo ha sido evaluado en la planta de hospitalización cuando aún portaban el drenaje pleural, y el tercer grupo ha sido evaluado en la planta de hospitalización tras retirar el drenaje pleural, previo al alta hospitalaria.

Tabla 4. Características básicas de los 60 pacientes

	N	%
Edad (min - máx.)	53 años (19-86)	
Sexo		
Masculino	31	52%
Femenino	29	48%
Tipo de procedimiento quirúrgico		
Resección pulmonar mayor	21	35%
Resección pulmonar menor	18	30%
Colocación de drenaje pleural	11	18,3%
Simpatectomía	5	8,3%
Timectomía	3	5%
Mediastinoscopia	1	1,7%
Biopsia de masa mediastínica	1	1,7%
Tipo de abordaje quirúrgico		
Cirugía videotoracoscópica	37	61,7%
Toracotomía	11	18,3%
Toracostomía cerrada	11	18,3%
Cervicotomía	1	1,7%
Complicaciones		
Ninguna	51	85%
Sangrado	1	1,7%
Atelectasia	3	5%
Quilotórax	1	1,7%
Neumotórax	3	5%
Fuga aérea prolongada	1	1,7%
Lado operado		
Hemitórax derecho	30	50%
Hemitórax izquierdo	24	40%
Ambos hemitórax (bilateral)	5	8,3%
Mediastino superior (cervicotomía)	1	1,7%

A continuación, se presenta la comparación de los tres grupos en algunas características de la muestra. Los tres grupos de pacientes: postoperatorio inmediato, en planta de hospitalización con drenaje pleural y control de retirada de drenaje pleural se han comparado en los siguientes aspectos:

1.1. Tabla 5. EDAD MEDIA

Grupo	N	Media	DT	IC 95%	
				L. Inferior	L. Superior
Postoperatorio inmediato	20	58,90	15,661	52,57	67,23
En planta de hospitalización con drenaje pleural	20	53,65	18,285	45,09	62,21
Control de retirada de drenaje pleural	20	48,75	20,246	39,27	58,23
Total	60	53,10	18,434	49,34	58,86

ANOVA $F_{2,57} = 1,894$; $p = 0,160$. No se encontraron diferencias significativas en la edad media de los tres grupos ($p = 0,160$)

1.1.1. Tabla 6. GRUPO DE EDAD (EDAD RECODIFICADA)

Grupo	Grupo de edad						Total
	< 30		30 - 60		> 60		
	N	%	N	%	N	%	N
Postoperatorio inmediato	2	10,0	6	30,0	12	60,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	3	15,0	9	45,0	8	40,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	4	20,0	9	45,0	7	35,0	20
Total	9	15,0	24	40,0	27	45,0	60

$X^2 = 0,934$; $gl = 2$; $p = 0,627$. No se encontraron diferencias significativas en la distribución por grupos de edad de los tres grupos ($p = 0,627$)

1.2. Tabla 7. SEXO

Grupo	Diagnóstico				Total
	Neumotórax		Otros		
	N	%	N	%	N
Postoperatorio inmediato	8	40,0	12	60,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	10	50,0	10	50,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	11	55,0	9	45,0	20
Total	29	48,3	31	51,7	60

$X^2 = 0,934$; $gl = 2$; $p = 0,627$. No se encontraron diferencias significativas en la distribución por sexos de los tres grupos ($p = 0,627$)

1.3. Tabla 8. DIAGNÓSTICO

Grupo	Diagnóstico																		Total
	CPP		CPS		NPB		NT		HT		HFI		EPID		DP		Linfoma		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
A	12	60,0	1	5,0	3	15,0	2	10,0	2	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20
B	7	35,0	2	10,0	2	10,0	7	35,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	10,0	0	0,0	20
C	3	15,0	1	5,0	2	10,0	6	30,0	1	5,0	5	25,0	1	5,0	0	0,0	1	5,0	20
Total	22	36,7	4	6,7	7	11,7	15	25,0	3	5,0	5	8,3	1	1,7	2	3,3	1	1,7	60

$X^2 = 29,131$; gl =16; p = 0,023. 21 casillas (77,8%) con frecuencias esperadas < 5

A: Postoperatorio inmediato; B: En planta de hospitalización con drenaje pleural; C: Control de retirada de drenaje pleural. CPP: cáncer de pulmón primario, CPS: cáncer de pulmón secundario, NPB: nódulo pulmonar benigno, HT: hiperplasia tímica, NT: neumotórax, HFI: hiperhidrosis focal idiopática, EPID: enfermedad pulmonar intersticial difusa, DP: derrame pleural

Se ha procedido a la agrupación de Ca. Primario, Ca. Secundario y nódulos pulmonares benignos en una sola categoría cáncer de pulmón (CP).

1.3.1. Tabla 9. DIAGNÓSTICO AGRUPADO

Grupo	Diagnóstico														Total N
	CP		NT		HT		HFI		EPID		DP		Linfoma		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
A	16	80,0	2	10,0	2	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20
B	11	55,0	7	35,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	10,0	0	0,0	20
C	6	30,0	6	30,0	1	5,0	5	25,0	1	5,0	0	0,0	1	5,0	20
Total	33	55,0	15	25,0	3	5,0	5	8,3	1	1,7	2	3,3	1	1,7	60

$X^2 = 27,345$; gl =12; p = 0,007. 15 casillas (71,4%) con frecuencias esperadas < 5

A: Postoperatorio inmediato; B: En planta de hospitalización con drenaje pleural; C: Control de retirada de drenaje pleural. CP: cáncer de pulmón, NT: neumotórax, HT: hiperplasia tímica, HFI: hiperhidrosis focal idiopática, EPID: enfermedad pulmonar intersticial difusa, DP: derrame pleural

Se ha estudiado la proporción de diagnósticos de CP y neumotórax frente a todos los demás:

1.3.2. Tabla 10. PROPORCIÓN DE DIAGNÓSTICOS DE CÁNCER DE PULMÓN Y NEUMOTÓRAX FRENTE A TODOS LOS DEMÁS

Grupo	Diagnóstico				Total N
	CP		Otros		
	N	%	N	%	
Postoperatorio inmediato	16	80,0	4	20,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	11	55,0	9	45,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	6	30,0	14	70,0	20
Total	33	55,0	27	45,0	60

$X^2 = 10,101$; gl =2; p = 0,006. CP: cáncer de pulmón

Los residuos de Haberman indican que el CP (primario/secundario/nódulos) es más frecuente en el grupo de Postoperatorio inmediato y menos frecuente en el grupo Control de retirada de drenaje pleural de lo esperado bajo la hipótesis de independencia de variables.

1.3.3. Tabla 11. PROPORCIÓN DE DIAGNÓSTICOS NEUMOTÓRAX FRENTE A TODOS LOS DEMÁS

Grupo	Diagnóstico				Total N
	Neumotórax		Otros		
	N	%	N	%	
Postoperatorio inmediato	2	10,0	18	90,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	7	35,0	13	65,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	6	30,0	14	70,0	20
Total	15	25,0	45	75,0	60

$\chi^2 = 3,733$; gl =2; p = 0,155. No se encontraron diferencias significativas en la proporción de neumotórax entre los tres grupos (p = 0,155)

1.3.4. Tabla 12. COMPARACIÓN CA. PULMÓN PRIMARIO FRENTE A TODOS LOS DEMÁS

Grupo	Diagnóstico				Total N
	CPP		Otros		
	N	%	N	%	
Postoperatorio inmediato	12	60,0%	8	40,0%	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	7	35,0%	13	65,0%	20
Control de retirada de drenaje pleural	3	15,0%	17	85,0%	20
Total	22	36,7%	38	63,3%	60

$\chi^2 = 10,101$; gl =2; p = 0,006. CPP: cáncer de pulmón primario

Los residuos de Haberman indican que el Ca. Primario es más frecuente en el grupo Postoperatorio inmediato y menos frecuente en el grupo Control de retirada de drenaje pleural de lo esperado bajo la hipótesis de independencia de variables.

1.4. Tabla 13. TIPO DE ABORDAJE QUIRÚRGICO

Grupo	Tipo de abordaje								Total
	CVT		Toracoto- mía		Cervico- Tomía		Toracostomía cerrada		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
Postoperatorio inmediato	13	65,0	6	30,0	1	5,0	0	0,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	10	50,0	3	15,0	0	0,0	7	35,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	14	70,0	2	10,0	0	0,0	4	20,0	20
Total	37	61,7	11	18,3	1	1,7	11	18,3	60

$\chi^2 = 11,794$; gl =6; p = 0,067. CVT: cirugía videotoracoscópica

No se encontraron diferencias significativas en la distribución de los tipos de abordaje entre los tres grupos (p = 0,067). CVT: cirugía videotoracoscópica.

1.5. Tabla 14. TIPO DE PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO

Grupo	Procedimiento														Total
	Resección pulmonar mayor		Resección pulmonar menor		Tumectomía		Colocación drenaje pleural		Mediastinoscopia		Simpatectomía		Biopsia de masa mediastino		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
A	9	45,0	8	40,0	2	10,0	0	0,0	1	5,0	0	0,0	0	0,0	20
B	9	45,0	5	25,0	0	0,0	6	30,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20
C	3	15,0	6	30,0	1	5,0	4	20,0	0	0,0	5	25,0	1	5,0	20
Total	21	35,0	19	31,7	3	5,0	10	16,7	1	1,7	5	8,3	1	1,7	60

$\chi^2 = 25,765$; gl =12; p = 0,012. 16 casillas (71,4%) con frecuencias esperadas < 5

A: Postoperatorio inmediato; B: En planta de hospitalización con drenaje pleural; C: Control de retirada de drenaje pleural

Se han agrupado los procedimientos Mediastinoscopia y biopsia de masa de mediastino en una sola categoría mediastino.

1.5.1. Tabla 15. PROCEDIMIENTO AGRUPADO

Grupo	Procedimiento												Total N
	Resección pulmonar mayor		Resección pulmonar menor		Timectomía		Colocación drenaje Pleural		Mediastino		Simpactectomía		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
A	9	45,0	8	40,0	2	10,0	0	0,0	1	5,0	0	0,0	20
B	9	45,0	5	25,0	0	0,0	6	30,0	0	0,0	0	0,0	20
C	3	15,0	6	30,0	1	5,0	4	20,0	1	5,0	5	25,0	20
Total	21	35,0	19	31,7	3	5,0	10	16,7	2	3,3	5	8,3	60

$\chi^2 = 22,765$; gl =10; p = 0,012. 14 casillas (77,8%) con frecuencias esperadas < 5

A: Postoperatorio inmediato; B: En planta de hospitalización con drenaje pleural; C: Control de retirada de drenaje pleural

1.5.2. Tabla 16. PROPORCIÓN DE RESECCIÓN PULMONAR MAYOR FRENTE A TODOS LOS DEMÁS

Grupo	Procedimiento				Total N
	Resección pulmonar mayor		Otros		
	N	%	N	%	
Postoperatorio inmediato	9	45,0	11	55,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	9	45,0	11	55,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	3	15,0	17	85,0	20
Total	21	35,0	39	65,0	60

$\chi^2 = 5,275$; gl =2; p = 0,072

No se encontraron diferencias significativas en la proporción de resecciones pulmonares mayores entre los tres grupos (p = 0,072).

Si se consideran conjuntamente las resecciones pulmonares, menores y mayores, frente al resto de los procedimientos:

1.5.3. Tabla 17. RESECCIONES PULMONARES, MENORES Y MAYORES, FRENTE AL RESTO DE LOS PROCEDIMIENTOS

Grupo	Procedimiento				Total
	Resección pulmonar mayor o menor		Otros		
	N	%	N	%	
Postoperatorio inmediato	17	85,0%	3	15,0%	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	14	70,0%	6	30,0%	20
Control de retirada de drenaje pleural	9	45,0%	11	55,0%	20
Total	40	66,7%	20	33,3%	60

$\chi^2 = 5,275$; gl =2; p = 0,072

Los residuos de Haberman indican que la resección pulmonar (mayor o menor) es más frecuente en el grupo Postoperatorio inmediato y menos frecuente en el grupo Control de retirada de drenaje pleural de lo esperado bajo la hipótesis de independencia de variables.

1.6. Tabla 18. TIPO DE VENTILACIÓN AL MOMENTO DE SER EVALUADOS

Grupo	Tipo de ventilación				Total
	Espontánea		Ventilación mecánica no invasiva		
			N	%	
Postoperatorio inmediato	19	95,0	1	5,0	20
En planta de hospitalización con drenaje pleural	20	100,0	0	0,0	20
Control de retirada de drenaje pleural	20	100,0	0	0,0	20
Total	59	98,3	1	1,7	60

$\chi^2 = 2,034$; gl =2; p = 0,362

No se encontraron diferencias significativas en la distribución del tipo de ventilación entre los tres grupos (p = 0,362)

1.7. Tabla 19. NÚMERO DE RADIOGRAFÍAS SOLICITADAS

Grupo	N	Media	DT	IC 95%	
				L. Inferior	L. Superior
Postoperatorio inmediato	20	4,20	2,118	3,21	5,19
En planta de hospitalización con drenaje pleural	20	4,85	2,300	3,77	5,93
Control de retirada de drenaje pleural	20	3,45	2,235	2,40	4,50
Total	60	4,17	2,256	3,58	4,75

ANOVA $F_{2, 57} = 1,993$; $p = 0,146$

No se encontraron diferencias significativas en el número medio de radiografías de los tres grupos ($p = 0,146$).

1.8. Tabla 20. COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS

Grupo	Diagnóstico												Total
	Ninguna complicación		Sangrado		Atelectasia		Quilotórax		Neumotórax		Fuga aérea prolongada		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
A	18	90,0	1	5,0	1	5,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20
B	16	80,0	0	0,0	1	5,0	1	5,0	1	5,0	1	5,0	20
C	17	85,0	0	0,0	1	5,0	0	0,0	2	10,0	0	0,0	20
Total	51	85,0	1	1,7	3	5,0	1	1,7	3	5,0	1	1,7	60

$\chi^2 = 8,118$; $gl = 10$; $p = 0,617$. 14 casillas (77,8%) con frecuencias esperadas < 5

A: Postoperatorio inmediato; B: En planta de hospitalización con drenaje pleural; C: Control de retirada de drenaje pleural

No se encontraron diferencias significativas en la distribución de las complicaciones entre los tres grupos ($p = 0,146$)

2. ANALÍTICOS

Setenta y seis pacientes han sido explorados en el período postoperatorio de cirugía torácica, sin embargo, dieciséis pacientes no fueron incluidos en el estudio debido a que tenían enfisema subcutáneo. Sesenta pacientes finalmente han sido incluidos en el estudio en un período de 5 meses. A cada paciente se le realizó una radiografía de tórax y una ecografía transtorácica. En total han sido realizadas 60 ecografías torácicas bilaterales (de los 2 hemitórax) y 60 radiografías de tórax (20 en AP y 40 con 2 proyecciones: PA y lateral).

Se han analizado en total 480 comparaciones (observaciones) entre ecografía y radiografía, 8 por cada paciente (figura 38).

No se encontraron diferencias significativas entre las características principales de los tres grupos (etapa postoperatoria inmediata, intermedia y final). El tiempo del examen de ultrasonido fue de 10 ± 3 minutos, el intervalo de tiempo entre el ultrasonido y la radiografía ha sido en promedio de 100 ± 60 minutos.

Figura 38. Número de comparaciones (ecográficas/ radiográficas por paciente)

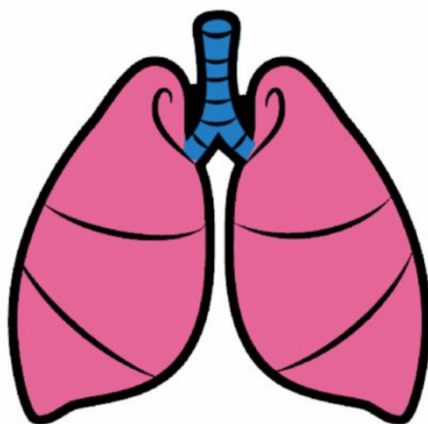
HEMITÓRAX DERECHO

Neumotórax			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Derrame Pleural			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Patrón Intersticial			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Consolidación			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO



HEMITÓRAX IZQUIERDO

Neumotórax			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Derrame Pleural			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Patrón Intersticial			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Consolidación			
RX		Ecografía	
SI	NO	SI	NO

Se han llevado a cabo 8 comparaciones por paciente al evaluar 4 variables por cada hemitórax

En la tabla 21 se muestran los hallazgos positivos y negativos de la Eco TT y la radiografía de tórax. Setenta y cuatro exploraciones ecográficas han sido positivas en 39 pacientes (65%) y 61 exploraciones radiográficas han sido positivas en 41 pacientes (68%). La Eco TT ha sido normal (negativa para las 4 variables principales) en 21 pacientes (35%) y la radiografía en 19 (32%). De estos 21 pacientes con Eco TT normal, la radiografía también lo ha sido en 15 (70%), y en los 6 pacientes restantes mostraban hallazgos leves.

Tabla 21. Hallazgos positivos y negativos de la ecografía transtorácica y la radiografía de tórax en 120 hemitórax de 60 pacientes

	Hallazgos positivos de la Eco TT	Hallazgos negativos de la Eco TT	Hallazgos positivos de la Rx de Tórax	Hallazgos negativos de la Rx de Tórax
Neumotórax	18 (Parcial 15, total 3)	-----	17 (Parcial 14, total 3)	-----
Derrame pleural	18 (Leve 16, moderado 2)	-----	22 (Leve 20, moderado 2)	-----
Patrón intersticial	12	-----	4	-----
Consolidación pulmonar	26	-----	18	-----
Total hallazgos	74	46	61	59

Análisis de concordancia entre los hallazgos ecográficos y radiológicos durante el postoperatorio.

2.1. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LOS LADOS DERECHO E IZQUIERDO EN 120 HEMITÓRAX DE 60 PACIENTES

2.1.1. Tabla 22. TABLA DE CONTINGENCIAS. LADO DERECHO

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	196	81,7	12	5,0	208	86,7
Sí	15	6,3	17	7,1	32	13,3
Total	211	87,9	29	12,1	240	100,0

2.1.2. Tabla 23. TABLA DE CONTINGENCIAS. LADO IZQUIERDO

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	188	78,3	10	4,2	198	82,5
Sí	20	8,3	22	9,2	42	17,5
Total	208	86,7	32	13,3	240	100,0

2.1.3. Tabla 24. CONTRASTES DE HIPÓTESIS SOBRE EL ESTADÍSTICO KAPPA EN LOS LADOS DERECHO E IZQUIERDO

Lado	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo observado (%)			Kappa	P
			Global	Negativo	Positivo		
Derecho	240	77,8	88,8	81,7	7,1	0,493	<0,001
Izquierdo	240	73,8	87,5	78,3	9,2	0,522	<0,001

N: número de comparaciones. Se han realizado 4 comparaciones por hemitórax x 60 pacientes. Hipótesis nula (H_0): $\kappa = 0$; hipótesis alternativa (H_1): $\kappa \neq 0$

Tanto para el lado derecho como para el izquierdo la concordancia es significativamente mayor de cero. En ambos casos el acuerdo global se basa fundamentalmente en el acuerdo negativo, ya que hay muy pocos hallazgos positivos.

2.1.4. COMPARACIÓN DE LOS VALORES KAPPA OBTENIDOS EN LOS LADOS DERECHO E IZQUIERDO

Hipótesis nula (H_0): $K_{\text{derecho}} = K_{\text{izquierdo}}$; Hipótesis alternativa (H_1): $K_{\text{derecho}} \neq K_{\text{izquierdo}}$
Cuando se comparan los valores kappa obtenidos en los lados derecho e izquierdo, se obtiene ji-cuadrado 0,066, gl = 1, p = 0,798, por lo que no existe evidencia para declarar ambos valores kappa como estadísticamente diferentes, es decir, no hay evidencia de que la concordancia sea diferente en los lados izquierdo y derecho, por lo que resulta razonable analizarlos conjuntamente.

2.2. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LOS PERIODOS INICIAL, INTERMEDIO Y FINAL

2.2.1. Tabla 25. TABLA DE CONTINGENCIAS. PERIODO INICIAL (20 PACIENTES)

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	125	78,1	8	5,0	133	83,1
Sí	22	13,8	5	3,1	27	16,9
Total	147	91,9	13	8,1	160	100,0

2.2.2. Tabla 26. TABLA DE CONTINGENCIAS. PERIODO INTERMEDIO (20 PACIENTES)

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	129	80,6	6	3,8	135	84,4
Sí	5	3,1	20	12,5	25	15,6
Total	134	83,8	26	16,3	160	100,0

2.2.3. Tabla 27. TABLA DE CONTINGENCIAS. PERIODO FINAL (20 PACIENTES)

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				N	Total
	No		Sí			
	N	%	N	%		
No	130	81,3	8	5,0	138	86,3
Sí	8	5,0	14	8,8	22	13,8
Total	138	86,3	22	13,8	160	100,0

2.2.4. Tabla 28. CONTRASTES DE HIPÓTESIS SOBRE EL ESTADÍSTICO KAPPA EN LOS PERIODOS INICIAL, INTERMEDIO Y FINAL

Periodo	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo (%)			Kappa	P
			Global	Negativo	Positivo		
Inicial	160	77,4	81,2	78,1	3,1	0,158	0,030
Intermedio	160	73,2	93,1	80,6	12,5	0,743	<0,001
Final	160	76,3	90,1	81,3	8,8	0,578	<0,001

N: número de comparaciones. Por cada paciente se han realizado 8 comparaciones (4 variables x 2 hemitórax). En cada etapa hay 20 pacientes

Hipótesis nula (h_0): $\kappa = 0$; hipótesis alternativa (h_1): $\kappa \neq 0$

Para los tres periodos la concordancia es significativamente mayor de cero.

2.2.5. COMPARACIÓN DE LOS VALORES KAPPA OBTENIDOS EN LOS PERIODOS INICIAL, INTERMEDIO Y FINAL

Hipótesis nula (H_0): $\kappa_{\text{inicial}} = \kappa_{\text{intermedio}} = \kappa_{\text{final}}$; Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa_i \neq \kappa_j$ para algún $i \neq j$.

Al comparar los tres valores kappa se obtiene ji-cuadrado = 24,062, gl = 2, $p < 0,005$, por lo que existe evidencia de que los tres valores no son iguales en la población (al menos dos de ellos difieren entre sí).

Comparación "post-hoc" por pares:

- Kappa inicial vs. Kappa intermedio: ji-cuadrado 23,842, gl = 1, $p < 0,001$.
- Kappa inicial vs. Kappa final: ji-cuadrado 9,773, gl = 1, $p = 0,018$.
- Kappa intermedio vs. Kappa final: ji-cuadrado 1,897, gl = 1, $p = 0,168$.

Por tanto, el estadístico kappa obtenido para el periodo inicial es significativamente inferior que para los periodos intermedio y final, no encontrándose diferencias significativas entre estos dos últimos.

2.3. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR EN 120 HEMITÓRAX DE 60 PACIENTES

2.3.1. Tabla 29. TABLA DE CONTINGENCIAS. NEUMOTÓRAX (NT)

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico						Total	
	No tiene NT		NT parcial		NT total			
	N	%	N	%	N	%	N	%
No tiene	98	81,7	4	3,3	0	0,0	102	85,0
Neumotórax parcial/moderado	5	4,2	10	8,3	0	0,0	15	12,5
Neumotórax total/severo	0	0,0	0	0,0	3	2,5	3	2,5
Total	103	85,8	14	11,7	3	2,5	120	100,0

2.3.1.1. Tabla 30. Reagrupando los hallazgos en dos categorías

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	98	81,7	4	3,3	102	85,0
Sí	5	4,2	13	10,8	18	15,0
Total	103	85,8	17	14,2	120	100,0

2.3.2. Tabla 31. TABLA DE CONTINGENCIAS. DERRAME PLEURAL (DP)

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico							Total	
	DP								
	No tiene DP		DP leve		moderado		N	%	
	N	%	N	%	N	%	N	%	
No tiene	98	81,7	4	3,3	0	0,0	102	85,0	
Derrame leve	5	4,2	10	8,3	0	0,0	15	12,5	
Derrame moderado	0	0,0	0	0,0	3	2,5	3	2,5	
Total	103	85,8	14	11,7	3	2,5	120	100,0	

2.3.2.1. Tabla 32. Reagrupando los hallazgos en dos categorías

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	93	77,5	9	7,5	102	85,0
Sí	5	4,2	13	10,8	18	15,0
Total	98	81,7	22	18,3	120	100,0

2.3.3. Tabla 33. TABLA DE CONTINGENCIAS. PATRÓN INTERSTICIAL

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	108	90,0	0	0,0	108	90,0
Sí	8	6,7	4	3,3	12	10,0
Total	116	96,7	4	3,3	120	100,0

2.3.4. Tabla 34. TABLA DE CONTINGENCIAS. CONSOLIDACIÓN

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	85	70,8	9	7,5	94	78,3
Sí	17	14,2	9	7,5	26	21,7
Total	102	85,0	18	15,0	120	100,0

2.3.5. Tabla 35. CONTRASTES DE HIPÓTESIS SOBRE EL ESTADÍSTICO KAPPA EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR

Observación	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo (%)			Kappa	P
			Global	Negativo	Positivo		
Neumotórax ^a	120	74,5	92,5	81,7	10,8	0,706	<0,001
Derrame pleural ^b	120	71,7	88,4	77,5	10,9	0,588	<0,001
Patrón intersticial	120	87,3	93,3	90	3,3	0,474	<0,001
Consolidación	120	69,8	78,3	70,8	7,5	0,282	0,002

N: número de comparaciones. Cada variable ha realizado 2 comparaciones por paciente (lado derecho e izquierdo) x 60 pacientes

Hipótesis nula (H_0): $\kappa = 0$; hipótesis alternativa (H_1): $\kappa \neq 0$

^A Cuando se calculó kappa considerando dos categorías: sin neumotórax, con neumotórax. Kappa = 0,699 ($p < 0,001$)

^B Cuando se calculó kappa considerando dos categorías: sin derrame pleural, con derrame pleural. Kappa = 0,699 ($p < 0,001$)

Para las cuatro observaciones la concordancia es significativamente mayor de cero

2.3.6. COMPARACIÓN DE LOS VALORES KAPPA OBTENIDOS EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR

Hipótesis nula (H_0): $\kappa_{\text{neumotórax}} = \kappa_{\text{derrame}} = \kappa_{\text{s. Intersticial}} = \kappa_{\text{consolidación}}$;

Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa_i \neq \kappa_j$ para algún $i \neq j$

Al comparar los cuatro valores kappa se obtiene ji-cuadrado 9,204, gl = 3, $p = 0,027$, por lo que existe evidencia de que los cuatro valores no son iguales en la población (al menos dos de ellos difieren entre sí).

Comparación "post-hoc" por pares:

Comparación por pares:

- Kappa Neumotórax vs. Kappa Derrame pleural: ji-cuadrado 0,747, gl = 1, p = 0,388.
- Kappa Neumotórax vs. Kappa Patrón intersticial: ji-cuadrado 1,679, gl = 1, p = 0,195.
- Kappa Neumotórax vs. Kappa Consolidación pulmonar: ji-cuadrado 9,138, gl = 1, p = 0,003.
- Kappa Derrame pleural vs. Kappa Patrón intersticial: ji-cuadrado 0,389, gl = 1, p = 0,532.
- Kappa Derrame pleural vs. Kappa Consolidación pulmonar: ji-cuadrado 4,454, gl = 1, p = 0,039.
- Kappa Patrón intersticial vs. Kappa Consolidación pulmonar: ji-cuadrado 1,071, gl = 1, p = 0,301.

El estadístico kappa obtenido para la consolidación pulmonar es significativamente menor que para el neumotórax y el derrame pleural.

Por tanto, puesto que se encontraron evidencias de diferencias significativas entre las cuatro observaciones y entre los tres periodos, pero no entre los dos lados, los resultados se presentan como concordancia entre la Eco TT y Rx para cada tipo de observación en cada periodo sin tener en cuenta si las observaciones pertenecen al lado derecho o izquierdo.

2.4. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR EN CADA PERIODO DEL ESTUDIO

2.4.1. PERIODO INICIAL (20 PACIENTES)

2.4.1.1. Tabla 36. Tabla de contingencias. Neumotórax en el periodo inicial

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Parcial			
	N	%	N	%	N	%
No	35	87,5	2	5,0	37	92,5
Neumotórax parcial	3	7,5	0	0,0	3	7,5
Total	38	95,0	2	5,0	40	100,0

2.4.1.2. Tabla 37. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el periodo inicial

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		De. Leve			
	N	%	N	%	N	%
No	32	80,0	3	7,5	35	87,5
Derrame leve	3	7,5	2	5,0	5	12,5
Total	35	87,5	5	12,5	40	100,0

2.4.1.3. Tabla 38. Tabla de contingencias. Patrón intersticial en el periodo inicial

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	33	82,5	0	0,0	33	82,5
Sí	7	17,5	0	0,0	7	17,5
Total	40	100,0	0	0,0	40	100,0

2.4.1.4. Tabla 39. Tabla de contingencias. Consolidación pulmonar en el periodo inicial

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	25	62,5	3	7,5	28	70,0
Sí	9	22,5	3	7,5	12	30,0
Total	34	85,0	6	15,0	40	100,0

2.4.1.5. Tabla 40. Contrastes de hipótesis sobre el estadístico kappa en las observaciones neumotórax, derrame pleural, patrón intersticial y consolidación pulmonar durante el periodo inicial

Periodo inicial Observación	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo (%)			Kappa	P
			Global	Negativo	Positivo		
Neumotórax ^a	40	88,3	87,5	87,5	0,0	-0,064	0,679
Derrame pleural ^b	40	78,1	85,0	80,0	5,0	0,314	0,047
Patrón intersticial ^c	40	82,5	82,5	82,5	0,0	-----	-----
Consolidación	40	64,0	70,0	62,5	7,5	0,167	0,246

N: número de comparaciones. Cada variable ha realizado 2 comparaciones por paciente (lado derecho e izquierdo) x 20 pacientes

Hipótesis nula (H_0): $\kappa = 0$; Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa \neq 0$

^A Kappa considerando dos categorías (sin/con neumotórax). Kappa = - 0,064 (p = 0,679)

^B Kappa considerando dos categorías (sin/con derrame pleural). Kappa = 0,324 (p = 0,047)

^C No se puede calcular kappa pues ningún paciente mostró patrón intersticial radiográfico

Los valores kappa obtenidos en el periodo inicial son muy modestos y de hecho no alcanzan significación estadística más que para el derrame pleural. Esto significa que el grado de concordancia que se obtiene para neumotórax y consolidación pulmonar no difiere significativamente del que se obtendría por mero azar.

2.4.2. PERIODO INTERMEDIO (20 PACIENTES)

2.4.2.1. Tabla 41. Tabla de contingencias. Neumotórax en el periodo intermedio

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico						Total	
	No tiene NT		NT parcial		NT total			
	N	%	N	%	N	%	N	%
No tiene	33	82,5	0	0,0	0	0,0	33	82,5
Neumotórax parcial	0	0,0	4	10,0	0	0,0	4	10,0
Neumotórax total/severo	0	0,0	0	0,0	3	7,5	3	7,5
Total	33	82,5	4	10,0	3	7,5	40	100,0

Tabla 42. Tabla de contingencias. Neumotórax en el periodo intermedio. Reagrupando los hallazgos en dos categorías

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	33	82,5	0	0,0	33	82,5
Sí	0	0,0	7	17,5	7	17,5
Total	33	82,5	7	17,5	40	100,0

2.4.2.2. Tabla 43. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el periodo intermedio

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico						Total	
	No tiene DP		DP leve		DP moderado			
	N	%	N	%	N	%	N	%
No tiene	29	72,5	5	12,5	0	0,0	34	85,0
Derrame leve	0	0,0	4	10,0	0	0,0	4	10,0
Derrame moderado	0	0,0	0	0,0	2	5,0	2	5,0
Total	29	72,5	9	22,5	2	5,0	40	100,0

Tabla 44. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el periodo intermedio. Reagrupando los hallazgos en dos categorías

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	29	72,5	5	12,5	34	85,0
Sí	0	0,0	6	15,0	6	15,0
Total	29	72,5	11	27,5	40	100,0

2.4.2.3. Tabla 45. Tabla de contingencias. Patrón intersticial en el periodo intermedio

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	37	92,5	0	0,0	37	92,5
Sí	1	2,5	2	5,0	3	7,5
Total	38	95,0	2	5,0	40	100,0

2.4.2.4. Tabla 46. Tabla de contingencias. Consolidación pulmonar en el periodo intermedio

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	30	75,0	1	2,5	31	77,5
Sí	4	10,0	5	12,5	9	22,5
Total	34	85,0	6	15,0	40	100,0

2.4.2.5. Tabla 47. Contrastes de hipótesis sobre el estadístico kappa en las observaciones neumotórax, derrame pleural, patrón intersticial y consolidación pulmonar durante el periodo intermedio

Periodo intermedio		Acuerdo		Acuerdo (%)			Kappa	P
Observación	N	Esperado (%)		Global	Negativo	Positivo		
Neumotórax	40	69,6		100,0	82,5	17,5	1,000	<0,001
Derrame pleural ^b	40	64,1		87,5	72,5	15,0	0,652	<0,001
Patrón intersticial	40	88,3		97,5	92,5	5,0	0,787	<0,001
Consolidación	40	69,3		87,5	75,0	12,5	0,593	<0,001

N: número de comparaciones. Cada variable ha realizado realizado 2 comparaciones por paciente (lado derecho e izquierdo) x 20 pacientes

Hipótesis nula (H_0): $\kappa = 0$; Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa \neq 0$

^A Kappa considerando dos categorías (sin/con neumotórax). Kappa = 1,000 ($p < 0,001$)

^B Kappa considerando dos categorías (sin/con derrame pleural). Kappa = 0,635 ($p < 0,001$)

Los valores kappa obtenidos en el periodo intermedio son moderados o buenos, obteniéndose una concordancia perfecta para neumotórax.

2.4.3. PERIODO FINAL (20 PACIENTES)

2.4.3.1. Tabla 48. Tabla de contingencias. Neumotórax en el periodo final

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No tiene NT		NT parcial			
	N	%	N	%	N	%
No tiene	30	75,0	2	5,0	32	80,0
Neumotórax parcial/moderado	2	5,0	6	15,0	8	20,0
Total	32	80,0	8	20,0	40	100,0

2.4.3.2. Tabla 49. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el periodo final

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No tiene DP		DP leve			
	N	%	N	%	N	%
No tiene	32	80,0	1	2,5	33	82,5
Derrame leve	2	5,0	5	12,5	7	17,5
Total	34	85,0	6	15,0	40	100,0

2.4.3.3. Tabla 50. Tabla de contingencias. Patrón intersticial en el periodo final

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	38	95,0	0	0,0	38	95,0
Sí	0	0,0	2	5,0	2	5,0
Total	38	95,0	2	5,0	40	100,0

2.4.3.4. Tabla 51. Tabla de contingencias. Consolidación pulmonar en el periodo final

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	30	75,0	5	12,5	35	87,5
Sí	4	10,0	1	2,5	5	12,5
Total	34	85,0	6	15,0	40	100,0

2.4.3.5. Tabla 52. Contrastes de hipótesis sobre el estadístico kappa en las observaciones neumotórax, derrame pleural, patrón intersticial y consolidación pulmonar durante el periodo final

Periodo final		Acuerdo	Acuerdo (%)			Kappa	P
Observación	N	Esperado (%)	Global	Negativo	Positivo		
Neumotórax ^a	40	68,0	90,0	75,0	15,0	0,688	<0,001
Derrame pleural ^b	40	72,8	92,5	80,0	12,5	0,725	<0,001
Patrón intersticial	40	90,5	100	95,0	5,0	1,000	<0,001
Consolidación	40	76,3	77,5	75,0	2,5	0,053	0,738

N: número de comparaciones. Cada variable ha realizado realizado 2 comparaciones por paciente (lado derecho e izquierdo) x 20 pacientes

Hipótesis nula (H_0): $\kappa = 0$; Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa \neq 0$

^A Kappa considerando dos categorías (sin/con neumotórax). Kappa = 0,688 ($p < 0,001$)

^B Cuando Kappa considerando dos categorías (sin/con derrame pleural). Kappa = 0,725 ($p < 0,001$)

Los valores kappa obtenidos en el periodo final son buenos para neumotórax y derrame pleural, obteniéndose una concordancia perfecta para el patrón intersticial. Sin embargo, para consolidación pulmonar no se alcanza significación estadística.

2.5. CONCORDANCIA ENTRE LOS HALLAZGOS ECOGRÁFICOS Y RADIOLÓGICOS EN LOS LADOS OPERADO Y NO OPERADO EN 60 PACIENTES

Se ha estudiado el acuerdo entre los hallazgos ecográficos y radiológicos en el lado operado y no operado. Cinco pacientes fueron operados bilateralmente, por lo que los resultados obtenidos en ambos lados se han introducido como casos independientes. Además, un paciente en que la operación se ha considerado central no se ha incluido en este análisis. En total se dispone de 64 lados operados (obtenidos de 59 pacientes) y 54 lados no operados.

2.5.1. Tabla 53. TABLA DE CONTINGENCIAS. LADO NO OPERADO

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	200	94,8	2	40,0	202	93,5
Sí	11	5,2	3	60,0	14	6,5
Total	211	100,0	5	100,0	216	100,0

2.5.2. Tabla 54. TABLA DE CONTINGENCIAS. LADO OPERADO

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	156	87,6	20	37,0	176	75,9
Sí	22	12,4	34	63,0	56	24,1
Total	178	100,0	54	100,0	232	100,0

2.5.3. Tabla 55. CONTRASTES DE HIPÓTESIS SOBRE EL ESTADÍSTICO KAPPA EN LOS LADOS NO-OPERADO Y OPERADO

Operado	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo (%)			Kappa	P
			Global	Negativo	Positivo		
No	216	91,5	94,0	92,6	1,4	0,292	<0,001
Sí	232	65,8	83,6	68,9	13,7	0,520	<0,001

Hipótesis nula (h_0): $\kappa = 0$; hipótesis alternativa (h_1): $\kappa \neq 0$

Tanto para el lado no como para el operado la concordancia entre Eco TT y Rx es mayor de cero.

2.5.4. COMPARACIÓN DE LOS VALORES KAPPA OBTENIDOS EN LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR

Hipótesis nula (H_0): $\kappa_{\text{no_operado}} = \kappa_{\text{operado}}$; Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa_{\text{no_operado}} \neq \kappa_{\text{operado}}$

Cuando se comparan los dos kappa entre sí se obtiene ji-cuadrado 2,234, gl = 1, $p = 0,135$, por lo que no existe evidencia para declarar ambos valores kappa como estadísticamente diferentes, es decir, no hay evidencia de que la concordancia entre Eco TT y Rx sea diferente en los lados operados y no operados.

2.6. ANÁLISIS ESTRATIFICADO POR LADO NO OPERADO, OPERADO, Y POR LAS OBSERVACIONES NEUMOTÓRAX, DERRAME PLEURAL, PATRÓN INTERSTICIAL Y CONSOLIDACIÓN PULMONAR EN 60 PACIENTES

2.6.1. LADO NO OPERADO

2.6.1.1. Tabla 56. Tabla de contingencias. Neumotórax en el lado no operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	54	100,0	0	0,0	54	100,0
Sí	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	54	100,0	0	0,0	54	100,0

2.6.1.2. Tabla 57. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el lado no operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	51	98,1	1	50,0	52	96,3
Sí	1	1,9	1	50,0	2	3,7
Total	52	100,0	2	100,0	54	100,0

2.6.1.3. Tabla 58. Tabla de contingencias. Patrón intersticial en el lado no operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	50	96,2	0	0,0	50	92,6
Sí	2	3,8	2	100,0	4	7,4
Total	52	100,0	2	100,0	54	100,0

2.6.1.4. Tabla 59. Tabla de contingencias. Consolidación pulmonar en el lado no operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	45	84,9	1	100,0	46	85,2
Sí	8	15,1	0	0,0	8	14,8
Total	53	100,0	1	100,0	54	100,0

2.6.1.5. Tabla 60. Contrastes de hipótesis sobre el estadístico kappa en las observaciones neumotórax, derrame pleural, patrón intersticial y consolidación pulmonar en el lado no-operado

Lado Operado	Observación	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo (%)			Kappa	P
				Global	Negativo	Positivo		
No	Neumotórax ^a	54	100,0	100,0	100,0	-----	-----	-----
	Derrame pleural	54	92,9	96,3	94,4	1,9	0,481	<0,001
	Patrón intersticial	54	89,4	96,3	92,6	3,7	0,649	<0,001
	Consolidación	54	83,9	83,3	83,3	0,0	-0,034	0,674

Hipótesis nula (H_0): $\kappa = 0$; Hipótesis alternativa (H_1): $\kappa \neq 0^A$

En el lado no operado no se detectó ningún caso de neumotórax por Eco TT ni por Rx

Los valores kappa obtenidos en el lado no operado son significativos para derrame pleural y patrón intersticial, obteniéndose una concordancia perfecta para neumotórax. Sin embargo, para consolidación pulmonar no se alcanza significación estadística.

2.6.2. LADO OPERADO

2.6.2.1. Tabla 61. Tabla de contingencias. Neumotórax en el lado operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico						Total	
	No tiene NT.		NT. Parcial		NT. Total			
	N	%	N	%	N	%	N	%
No tiene	37	88,1	4	30,8	0	0,0	41	70,7
Neumotórax parcial/moderado	5	11,9	9	69,2	0	0,0	14	24,1
Neumotórax total/severo	0	0,0	0	0,0	3	100,0	3	5,2
Total	42	100,0	13	100,0	3	100,0	58	100,0

NT: neumotórax

2.6.2.2. Tabla 62 Tabla de contingencias. Neumotórax en el lado operado.

Reagrupando los hallazgos en dos categorías

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	37	88,1	4	25,0	41	70,7
Sí	5	11,9	12	75,0	17	29,3
Total	42	100,0	16	100,0	58	100,0

2.6.2.3. Tabla 63. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el lado operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico						Total	
	No tiene DP		DP leve		DP moderado			
	N	%	N	%	N	%	N	%
No tiene	34	89,5	8	44,4	0	0,0	42	72,4
Derrame leve	4	10,5	10	55,6	0	0,0	14	24,1
Derrame moderado	0	0,0	0	0,0	2	100,0	2	3,4
Total	38	100,0	18	100,0	2	100,0	58	100,0

DP: derrame pleural

Tabla 64. Tabla de contingencias. Derrame pleural en el lado operado. Reagrupando los hallazgos en dos categorías

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	34	89,5	8	40,0	42	72,4
Sí	4	10,5	12	60,0	16	27,6
Total	38	100,0	20	100,0	58	100,0

2.6.2.4. Tabla 65. Tabla de contingencias. Patrón intersticial en el lado operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	52	92,9	0	0,0	52	89,7
Sí	4	7,1	2	100,0	6	10,3
Total	56	100,0	2	100,0	58	100,0

2.6.2.5. Tabla 66. Tabla de contingencias. Consolidación pulmonar en el lado operado

Hallazgo ecográfico	Hallazgo radiográfico				Total	
	No		Sí			
	N	%	N	%	N	%
No	33	78,6	8	50,0	41	70,7
Sí	9	21,4	8	50,0	17	29,3
Total	42	100,0	16	100,0	58	100,0

2.6.2.6. Tabla 67. Contrastes de hipótesis sobre el estadístico kappa en las observaciones neumotórax, derrame pleural, patrón intersticial y consolidación pulmonar en el lado operado

Lado Operado	Observación	N	Acuerdo Esperado (%)	Acuerdo (%)			Kappa	P
				Global	Negativo	Positivo		
Sí	Neumotórax ^a	64	60,3	85,9	65,6	20,3	0,646	<0,001
	Derrame pleural ^b	64	59,4	81,3	62,5	18,8	0,538	<0,001
	Patrón intersticial ^c	64	88,1	93,7	90,6	3,1	0,475	<0,001
	Consolidación	64	61,7	73,4	60,9	12,5	0,306	0,014

^A Kappa considerando dos categorías (sin/con neumotórax). Kappa = 0,619 (p < 0,001)

^B Cuando Kappa considerando dos categorías (sin/con derrame pleural). Kappa = 0,519 (p < 0,001)

**2.6.3. Tabla 68. COMPARACIÓN DE LOS ESTADÍSTICOS KAPPA
OBTENIDOS EN LOS LADOS NO-OPERADO Y OPERADO**

Observación	Lado	No operado		Operado		χ^2	Gl	P
		N	Kappa	N	Kappa			
Neumotórax ^a		54	-----	64	0,646			
Derrame pleural		54	0,481	64	0,538	0,029	1	0,865
Patrón intersticial		54	0,649	64	0,475	0,307	1	0,580
Consolidación pulmonar		54	-0,034	64	0,306	6,138	1	0,013

^A En el lado no operado no se detectó ningún caso de neumotórax por Eco TT ni por Rx

Al comparar los kappas obtenidos en las observaciones del lado no operado y el lado operado se encuentra que no hay diferencias significativas en derrame pleural ($p = 0,865$) ni patrón intersticial ($p = 0,580$), pero si en consolidación pulmonar ($p = 0,013$). De hecho, para el lado no operado la concordancia entre Eco TT y Rx no supero significativamente la que cabría esperar por azar, obteniéndose un valor kappa negativo, y todo el acuerdo observado es acuerdo negativo, pero no se produjo ni un solo caso de acuerdo positivo (tabla 60.).

En el lado operado se obtiene un acuerdo modesto pero significativo (kappa = 0,306; $p = 0,014$) que se obtiene a partir de acuerdo negativo (60,9%) y positivo (12,5%) (tabla 67)

V. DISCUSIÓN

1. HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS ESTUDIADOS

La muestra de este estudio lo conforman 60 pacientes distribuidos en tres grupos de 20. Cada paciente fue asignado de manera consecutiva a cada uno de los grupos, desde julio a noviembre de 2015. De esta manera un grupo de 20 pacientes fue evaluado con las 2 pruebas diagnósticas (Eco TT y Rx tórax) en la etapa postoperatoria inicial, otro grupo de 20 fue evaluado en la etapa postoperatoria intermedia y el otro grupo de 20 fue evaluado en la etapa postoperatoria final.

No se encontraron diferencias significativas en la distribución entre los tres grupos en las siguientes variables analizadas: edad, sexo, abordaje quirúrgico, resección pulmonar mayor (tipo de procedimiento), complicaciones postoperatorias, número de radiografías solicitadas y tipo de ventilación al momento del estudio.

La proporción de toracotomías fue más frecuente en el grupo de postoperatorio inmediato (6 frente a 3 y 2).

2. COMPARACIÓN ENTRE LA ECO TT Y LA RX DE TÓRAX

La concordancia global ha sido sustancial para el neumotórax, moderada para el derrame pleural y el patrón intersticial y débil para la consolidación pulmonar. A su vez la concordancia ha sido sustancial en la etapa intermedia, moderada en la etapa final e insignificante en la etapa inicial del postoperatorio. Entre ambas técnicas la concordancia se produce fundamentalmente a expensas de acuerdo negativo y los acuerdos positivos se producen en su mayoría a expensas de hallazgos leves (sin relevancia clínica). Los resultados de este estudio sugieren que, a mayor intensidad de los hallazgos (neumotórax, derrame pleural) mayor es el grado de acuerdo.

A la fecha actual son pocos los datos disponibles sobre el valor diagnóstico de la Eco TT en cirugía torácica, por tanto, es difícil comparar los resultados de este estudio con algunos reportados previamente, a su vez el utilizar en este estudio un estándar de referencia (Rx de tórax) con una precisión potencialmente peor que la prueba índice (Eco TT), también hace difícil la interpretación de los resultados.

Tabla 69. Sensibilidad y especificidad de la Rx de tórax y la Eco TT

	RX DE TÓRAX	ECO TT
NEUMOTÓRAX (72)		
Sensibilidad	30-60%	87%
Especificidad	100%	99%
DERRAME PLEURAL (73)		
Sensibilidad	40-65%	92%
Especificidad	70-90%	93%
CONSOLIDACIÓN PULMONAR (74)		
Sensibilidad	30-70%	90%
Especificidad	90%	98%
SÍNDROME INTERSTICIAL (11) (35)		
Sensibilidad	60%	85%
Especificidad	100%	96%

En el postoperatorio inicial es cuando se obtienen peores valores kappa, esto puede ser secundario a: una ventana ecográfica reducida por parte de la Eco TT y a las dificultades propias en la interpretación de la radiografía AP (75) (76). Son varios los factores que pueden bloquear el paso del ultrasonido y que se acentúan en esta etapa: la herida y apósitos quirúrgicos, el tubo de tórax, diferentes grados de enfisema subcutáneo y la reducida movilidad del paciente (que impide visualizar el ángulo costodiafrágico posterior) (77). A su vez debido al azar muestral los pacientes de la etapa postoperatoria inicial presentaban una mayor proporción de toracotomías que los otros grupos, lo que reduce la ventana ecográfica por el tamaño de la herida en comparación con las cirugías poco invasivas. Estos resultados sugieren la pertinencia de realizar las dos pruebas diagnósticas (Rx de tórax/Eco TT) en esta etapa postoperatoria.

En nuestro estudio la Eco TT ha detectado más casos de neumotórax que la radiografía; sin embargo, ha fallado en la detección de cinco neumotórax apicales vistos en la radiografía, lo cual puede ser explicado por la limitación del ultrasonido en detectar aquellos neumotórax encontrados en las regiones apicales, mediastínica o posterior (78).

Para la valoración del neumotórax consideramos que la ecografía es el estudio de primera línea, especialmente en aquellos pacientes que se encuentren en decúbito supino, ya que no es infrecuente que en estos casos en la radiología convencional pasen desapercibidos numerosos neumotórax por buscar al aire libre en las porciones apicales del tórax. En esta posición el aire se encuentra en las porciones anteriores del tórax, por encima del diafragma y al lado del corazón, fácilmente detectable por ecografía. Para cuantificar con más exactitud el neumotórax es fundamental la Rx de tórax PA, ya que la Eco TT no puede determinar la "profundidad del neumotórax", solo establecer sus límites y localización (77), su cálculo se basa en la separación parcial o total del pulmón con la pared costal mediante el signo del punto de pulmón, de esta manera la Eco TT puede diferenciar entre un neumotórax parcial de uno total o masivo sin poder discriminar entre estos dos últimos. Motivo por el cual se ha clasificado en este estudio el neumotórax en dos tipos parcial y total.

A pesar de que la Rx de tórax ha sido la primera prueba para el diagnóstico del derrame pleural, la ecografía ya la ha sustituido en la mayoría de las guías clínicas (8). La ecografía permite la confirmación de la existencia de un derrame pleural desde tan solo 5 ml en comparación con 75, 150 y 525 ml en la Rx de tórax Lateral, PA y AP respectivamente (22). Los derrames pleurales moderados o importantes son fácilmente diagnosticables mediante ecografía, sin desconocer que existen algunos pequeños acúmulos de líquido pleural localizados subpleurales o adyacentes a la pared torácica (dispuestos paralelos a la superficie pulmonar) que son, en ocasiones difíciles de diagnosticar.

Es así como la ecografía es una muy buena herramienta para diagnosticar y cuantificar la existencia de un derrame pleural tanto en pacientes en sedestación como en decúbito supino, con mayor sensibilidad que la radiografía. Además, aporta información sobre la naturaleza del derrame, lo cual ayuda a discriminar entre exudado y trasudado.

En este estudio la radiografía ha detectado cuatro casos más de derrame pleural que la Eco TT. Debemos tener en cuenta que la Rx de tórax, puede mostrar hallazgos (de difícil interpretación) que simulen un derrame pleural: atelectasias, elevación del hemidiafragma, tumores, consolidaciones de los lóbulos inferiores etc (79). La ecografía puede distinguir fácilmente entre estas patologías y el derrame pleural, y definir qué parte del aumento de la densidad en la radiografía corresponde realmente a líquido. Además, se ha demostrado que, en caso de discrepancia entre los hallazgos de la ecografía y la Rx de tórax, la ecografía presentaba mayor sensibilidad que la Rx para la detección de derrame pleural comparando ambas técnicas con la TC (10). En resumen una limitación conocida de la Rx de tórax es que no puede discriminar algunas radiopacidades, ayudándose muchas veces de la Eco TT para su diagnóstico (79).

La concordancia es débil entre las técnicas para la detección de la consolidación pulmonar, estos hallazgos contrastan con otros estudios donde se ha demostrado la mayor sensibilidad y especificidad de la Eco TT respecto a la Rx

de tórax en la detección de diferentes tipos de consolidación pulmonar, algunos de estos estudios han utilizado la TC de tórax como prueba de referencia (80).

Aunque no se planteó como objetivo inicial en este estudio cuantificar el tamaño de las consolidaciones, durante su desarrollo se observó tres consolidaciones masivas (lobares) las demás han sido de pequeño tamaño (localizadas) y sin relevancia clínica, lo cual puede justificar en parte los resultados. Es característico que en el postoperatorio de cirugía torácica aparezcan pequeñas atelectasias intermitentes localizadas, secundarias a hipoventilación por dolor (por falta de expansión pulmonar) (81), estas se caracterizan por ser visibles solo durante la espiración, lo que facilita su detección por parte de la Eco TT dado su carácter dinámico y a su alta sensibilidad en detectar pequeñas consolidaciones que tocan la pleura (82), sin embargo, tiene poca correlación con la radiología convencional dado que su morfología depende si es captada en inspiración o espiración. Respecto a la consolidación por neumonía la ecografía se ha consolidado como una herramienta útil para su diagnóstico en el ámbito de los servicios de urgencias y en la práctica ambulatoria, además se la ha planteado como alternativa a la radiología convencional (83) (84) (85).

En este estudio no se ha presentado ningún caso de complicación intersticial postoperatoria. Por lo que los hallazgos encontrados hacen referencia a patología intersticial (crónica o aguda) ya presente antes de la intervención quirúrgica.

Tampoco fue un objetivo del estudio la evaluación de la motilidad e integridad del diafragma como un parámetro específico para comparar con la Rx de tórax, sin embargo, si fue valorado el diafragma en la sistemática de exploración de la Eco TT ya que es un paso obligado en la valoración de las zonas inferiores, cabe mencionar que hubo 1 caso de parálisis frénica visto en ecografía y que se correlacionaba con la elevación del hemidiafragma izquierdo en la radiografía.

En general el estudio del diafragma es complicado con las diferentes técnicas de imagen disponibles en la actualidad. La Rx de tórax permite conocer parcialmente su estado, aunque es poco específica. La Rx al tratarse de una imagen estática no permite evaluar el movimiento del diafragma. Esto solo puede conseguirse al realizar una escopia, pero a coste de incrementar la radiación que recibe el paciente. La TC permite evaluar el diafragma de forma estática, pero por su escaso grosor dificulta la interpretación de las imágenes. La RM permite evaluar el movimiento del diafragma, pero es una técnica poco accesible. Así pues, la Eco TT puede ser útil en el estudio del diafragma dado que permite una exploración dinámica y en tiempo real. No obstante, la ecografía tiene la dificultad de visualizar la totalidad del diafragma en ausencia de derrame pleural. La parálisis frénica es una complicación poco frecuente del postoperatorio de cirugía torácica, una forma rápida y fácil de hacer el diagnóstico ecográfico es observar la inserción del diafragma en las costillas mediante sonda convex o lineal. En aquellos casos en que exista parálisis, la línea pleuropulmonar no se desplazará caudalmente con la inspiración.

3. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONCORDANCIA

La concordancia se define como el grado en que concuerdan dos o más mediciones sobre la misma muestra. Una de sus indicaciones es cuando no se dispone (o no se puede realizar) una prueba diagnóstica de alta precisión (*Gold standard*) que nos permita establecer el grado en que una medición coincide con la verdad, como es el caso de este estudio donde no se ha realizado la TC de Tórax.

PORCENTAJE DE CONCORDANCIA

Existen varios índices de concordancia propuestos, el más obvio es la proporción de acuerdos observados es decir $(a + d) / N \times 100$. Puede determinarse como concordancia absoluta y como concordancia específica, esta última referida a los casos diagnosticados como positivos o negativos por ambos observadores. Este índice es muy intuitivo y fácilmente interpretable: tomará valores entre 0 (total desacuerdo) y 100 % (máximo acuerdo). Sin embargo, no considera la posibilidad de que las coincidencias sean debidas al azar.

Tabla 70. Porcentaje de concordancia

Obs. B	Observador A		Total
	Positivo	Negativo	
Positivo	A	B	R
Negativo	C	D	S
Total	T	U	N

ÍNDICE KAPPA (K)

El índice más usado para expresar la concordancia es el propuesto por Cohen y se ha denominado índice kappa (71). Su interpretación se realiza correlacionando su valor con una escala cualitativa que incluye seis niveles de fuerza de concordancia (71). Estos puntos de corte simplemente son una guía

ya que han sido establecidos de manera arbitraria y se recomienda interpretarlo teniendo en cuenta otros hallazgos específicos de cada área del conocimiento.

El Coeficiente kappa de Cohen es una medida estadística que, indica el grado de acuerdo que existe por encima del esperado por azar para elementos cualitativos (variables categóricas). En general se cree que es una medida más robusta que el simple cálculo del porcentaje de concordancia.

El valor del índice kappa no sólo depende de los acuerdos observados, sino también de la prevalencia del carácter observado (prevalencias muy bajas, o muy altas, penalizan el índice kappa) y de las prevalencias observadas por cada prueba diagnóstica (en igualdad de acuerdos observados, cuanto mayor sea la diferencia entre las prevalencias observadas por cada prueba mayor es el índice kappa) (86). A la luz de lo anterior nuestro estudio se encuentra en el peor de las situaciones posibles: baja prevalencia (15 % de complicaciones), y similar, entre ambas pruebas. Lo anterior justifica en parte que los resultados del kappa sean más discretos que los del porcentaje de acuerdo (tasa de concordancia), por ejemplo:

Los índices de kappa más altos se presentaron en el neumotórax (0.70) y en el derrame pleural (0.58), no así en el síndrome intersticial (0.47) y la consolidación pulmonar (0.28) pese a su relativa alta tasa de concordancia del 93 y 78% respectivamente (paradoja alta tasa de concordancia con kappa bajo)(86).

El índice kappa se define como:

$$K = \frac{Co - Ce}{1 - Ce}$$

Dónde:

$$Co = (a + d) / n$$

$$Ce = \frac{(a + b)(a + c)}{N^2} + \frac{(c + d)(b + d)}{n^2}$$

Siendo:

Co = concordancia observada.

Ce = concordancia esperada por azar.

Los valores de kappa varían de -1 a $+1$. Mientras más alto sea el valor de kappa, más fuerte será la concordancia, como se muestra a continuación:

- Cuando Kappa = 1, existe concordancia perfecta.
- Cuando Kappa = 0, la concordancia es la misma que se esperaría en virtud de las probabilidades.
- Cuando Kappa < 0, la concordancia es más débil que lo esperado en virtud de las probabilidades; esto casi nunca sucede.

Tabla 71. Escala de valoración del k

Kappa	Grado de acuerdo
< 0,00	Sin Acuerdo
>0,00 - 0,20	Insignificante
0,21 - 0,40	Débil
>0,41 - 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Sustancial
0,81 - 1,00	Casi perfecto

Landis y Koch la propusieron, y desde entonces ha sido ampliamente usada

4. VALIDEZ DE CRITERIO COMO FORMA DE EXPRESIÓN DE UN ESTUDIO DE CONCORDANCIA

La validez de criterio o validez de pronóstico, se refiere al grado de eficacia con que se puede predecir o pronosticar una variable de interés (criterio) a partir de las puntuaciones en un test. Tiene 2 subdivisiones: validez concurrente (al mismo tiempo o en días) y validez predictiva (meses) según el tiempo que separe una prueba de otra. Para medir el criterio de validez de una prueba, se debe compararlo con un estándar conocido.

Las medidas de concordancia lo que hacen es establecer la validez de criterio. En este trabajo se ha establecido la validez concurrente comparando dos instrumentos de medida (pruebas diagnósticas), siendo uno de ellos el instrumento prueba (Eco TT) y el otro el instrumento patrón (Rx de tórax) aunque este último no sea el *gold standard*, si es el punto de referencia más cercano (factible) a la verdad posible en nuestro caso.

La validez concurrente se considera un tipo de validez bastante débil y rara vez es aceptada por sí misma. El problema es que la prueba de referencia puede tener algunas imprecisiones y si la prueba nueva muestra una correlación, simplemente demuestra que la prueba nueva presenta los mismos problemas.

A pesar de esta debilidad, la validez concurrente es una prueba incondicional y puede ser una buena guía para nuevos procedimientos de prueba. Idealmente, los investigadores probarán inicialmente la validez concurrente y luego seguirán con un experimento basado en la validez predictiva para dar una base sólida a sus descubrimientos.

5. ¿LA ECO TT ES EQUIVALENTE A LA RX DE TÓRAX COMO PRUEBA DIAGNOSTICA EN EL POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA?

La presente tesis doctoral se encuentra en el nivel relacional (estudio analítico) y pretende demostrar si dos instrumentos de medida son equiparables/ equivalentes o intercambiables a la hora de realizar un diagnóstico en una población de estudio determinada. No pretende demostrar cuál de los dos instrumentos es mejor porque no se tiene un *gold standard* que me diga cuál de los dos instrumentos tuvo más éxito.

El nivel relacional tiene 3 objetivos comparar, asociar y medir la fuerza de asociación (índice Kappa), las dos primeras tienen una intención de contraste de hipótesis y va acompañada del p valor (probabilidad con la que se equivoca la hipótesis) y esta última es una estimación puntual (hay números, hay valores).

El estudio relacional a su vez pretende demostrar dependencia probabilística entre eventos, y además de buscar una validez interna, busca una validez externa y poder extrapolar los resultados a la población que no fue incluida en el trabajo.

De esta manera, en este trabajo, aunque la concordancia obtenida no es perfecta, los resultados de la Eco TT si replican en alguna medida a los obtenidos en la Rx de tórax, esto es especialmente cierto cuando el acuerdo es negativo, cuando se intenta detectar neumotórax, derrame pleural y patología intersticial, cuando la severidad de los hallazgos es mayor (con relevancia clínica) y cuando se realiza en los periodos intermedio y final del postoperatorio. De esta manera se puede plantear que en ausencia de obstáculos al paso del ultrasonido (ej. Enfisema subcutáneo) existe una equivalencia parcial entre las dos pruebas dependiendo de la variable a estudio y del momento del postoperatorio en que se realiza la prueba.

6. UTILIDAD DE LA ECO TT EN EL DE POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA TORÁCICA

Realizar una Eco TT a pie de cama del paciente con un equipo portátil como el utilizado en este estudio ofrece varias ventajas y agiliza la toma de decisiones al disminuir el tiempo de obtención de la radiografía, que usualmente es realizada durante el día. A nivel de rentabilidad sólo la adquisición inicial de la máquina de ecografía representa un costo, posteriormente no requiere gastos adicionales salvo mantenimiento y reparación.

De manera selectiva se describe un beneficio diagnóstico de la Eco TT para detectar el neumotórax, el derrame pleural y el patrón intersticial en la etapa intermedia y final del postoperatorio. El alto acuerdo negativo entre las dos técnicas (Eco TT y la Rx de tórax) hace a la Eco TT una prueba atractiva para descartar patología pleuro-parenquimatosa. Es así como cuando una Eco TT es negativa (ausencia de neumotórax, derrame pleural, patrón intersticial y consolidación pulmonar) la Rx de tórax también lo es en el 70% y en el 30 % restante esta última muestra hallazgos leves sin relevancia clínica. Creemos que en este subgrupo la Eco TT se podría plantear como una alternativa a la Rx de tórax, evitando así la realización de esta última. Ha sido demostrado que el uso rutinario de la Eco TT en una unidad de cuidado intensivo se ha asociado a una reducción significativa en la solicitud de radiografías y tomografías del tórax. (25). Por tanto, nuestros resultados sugieren que la Eco TT podría ser una prueba clave en la estrategia para optimizar las imágenes postoperatorias en cirugía torácica.

A pesar de sus numerosas ventajas la Eco TT no puede reemplazar totalmente a la Rx de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica por varios motivos: en este estudio no ha demostrado ser fiable en el postoperatorio inicial ni en la detección de la consolidación pulmonar, no siempre es posible obtener una buena ventana ecográfica (ej: funciona peor en presencia de enfisema subcutáneo, heridas, apósitos, tubos), es incapaz de obtener una imagen completa del tórax (principalmente por interposición ósea) y no permite visualizar

la ubicación del tubo de drenaje pleural ni las consolidaciones profundas, por tanto, debe considerarse que la Eco TT y la Rx de tórax convencional son técnicas complementarias en este contexto.

La mayoría de la patología torácica se evalúa correctamente mediante la Rx de tórax simple, que sigue siendo la prueba de referencia en su valoración. Aun así, existen algunos contextos clínicos en los que esta técnica no es suficiente y se requiere una caracterización complementaria. Si bien el uso de la TC podría aportar mucha información son varios los factores que reivindican a la ecografía como la siguiente prueba a realizar (de esta manera se puede limitar el uso de la TC a lo estrictamente necesario):

- Su gran valor diagnóstico en la mayoría de la patología torácica.
- Su disponibilidad y portabilidad.
- La ausencia de radiación ionizante.
- La valoración a tiempo real.
- Bajo coste.
- Su realización rápida y sencilla.

Es así como podemos encontrarnos ante tres escenarios diferentes antes de empezar la exploración ecográfica. En dos de estos escenarios la Eco TT va dirigida a localizar un hallazgo visto en una exploración previa (usualmente una Rx) o a examinar una zona sintomática del tórax referida por el paciente. El tercer escenario es realizar una Eco TT sistemática completa del tórax, con la intención de dar respuesta a una pregunta concreta (¿existe neumotórax, derrame pleural ...?).

Así pues, podemos dividir en dos la utilidad de la Eco TT en el postoperatorio de cirugía torácica según el tipo de exploración a realizar (dirigida o sistemática).

1. La exploración dirigida de la Eco TT puede brindar información complementaria a la Rx de tórax:

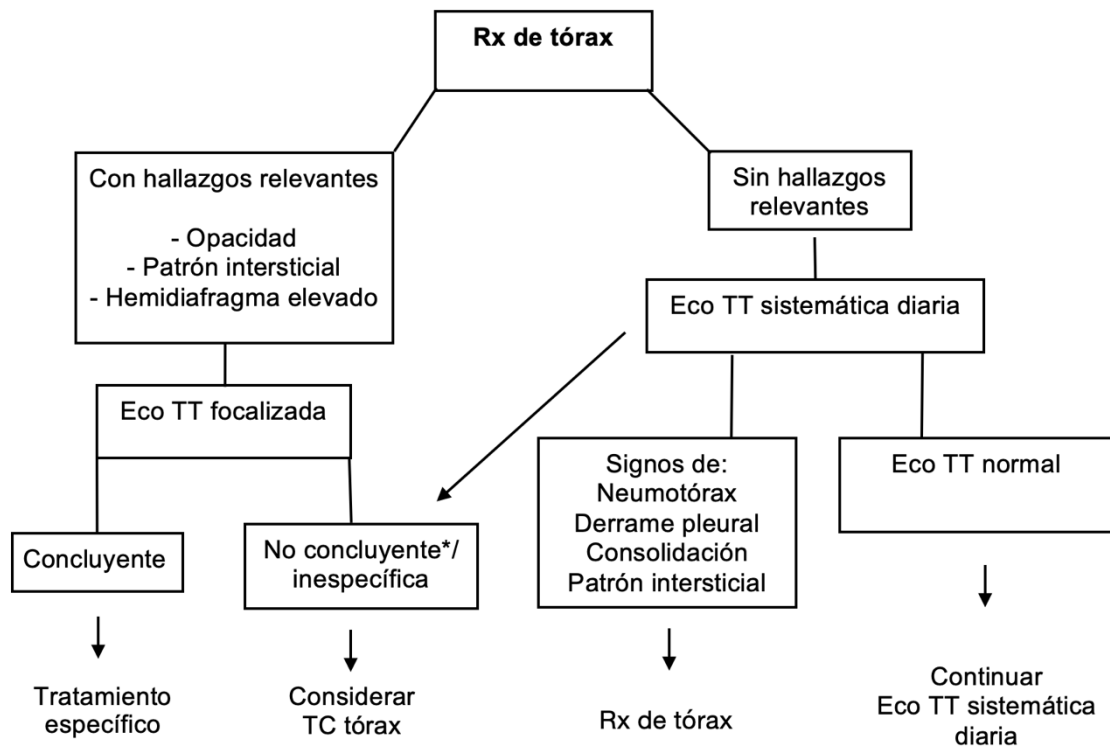
- Caracterización de los derrames pleurales.
- Caracterización de la consolidación pulmonar.
- Valoración del hemitórax opaco.
- Evaluación de tumoraciones superficiales de la caja torácica/pared costal.
- Valoración de la movilidad diafragmática (sospecha de parálisis frénica).
- Valoración de la permeabilidad vascular de estructuras cervicotorácicas (estudio doppler).

2. En la exploración sistemática de los dos hemitórax en el postoperatorio de cirugía torácica la Eco TT puede actuar como:

- Prueba de imagen de primera línea para confirmar o descartar de forma precoz complicaciones pleurales o del parénquima pulmonar.

De acuerdo con las recomendaciones descritas en la bibliografía y los resultados obtenidos en este estudio se propone un algoritmo para el uso de la Eco TT en el postoperatorio de cirugía torácica. Es importante recalcar que la radiografía simple ha de guiar el uso de la ecografía tanto en el estudio focalizado (permite ahorrar tiempo de exploración) como en la exploración sistemática completa. Debemos tener en cuenta que la Eco TT puede también ser inespecífica y requerir otras pruebas para su caracterización final (TC de tórax).

PROPUESTA ALGORITMO CONTROL RADIOLOGÍCO POSTOPERATORIO EN CIRUGÍA TORÁCICA



* Eco TT no concluyente: mala ventana ecográfica (presencia de enfisema subcutáneo, obesidad mórbida, herida quirúrgica extensa)

Eco TT sistemática: ecografía transtorácica sistemática de los 2 hemitórax

Eco TT focalizada: ecografía transtorácica dirigida al hallazgo visto en la Rx de tórax previa

Eco TT normal: ausencia de neumotórax, derrame pleural, consolidación y patrón intersticial

7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO

Este estudio tiene limitaciones. La ausencia de una técnica *gold standard* como la TC de tórax es la principal limitación de este estudio. La TC de tórax no puede ser realizada de rutina a estos pacientes por su alta dosis de radiación (equivalente a 350 Rx de tórax) e incluso por motivos éticos (87) (88). No obstante, el consenso (alta concordancia) es útil en ausencia de un patrón de oro para considerar la intercambiabilidad o complementariedad de técnicas diagnósticas. Otra limitación es la ausencia de un estudio de fiabilidad interobservador. Dicho estudio requeriría observadores adicionales y exploraciones adicionales, que está más allá del alcance de un estudio observacional. La fiabilidad inter e intraobservador deberían ser objeto de estudios adicionales una vez se ha demostrado que la concordancia entre técnicas es adecuada. Sin embargo, la fiabilidad inter e intraobservador de la Eco TT en la detección de neumotórax, derrame pleural, síndrome intersticial y consolidación pulmonar ha sido ya demostrada en diferentes estudios clínicos (16, 89) (5, 74).

Fortalezas del estudio incluyen: que han sido intervenidos pacientes con los diagnósticos y procedimientos más frecuentes en cirugía torácica en las diferentes etapas del postoperatorio, que se ha cuantificado la severidad de los hallazgos en el derrame pleural y el neumotórax, sugiriendo que a mayor intensidad de los hallazgos mayor es el acuerdo entre la Eco TT y la Rx de tórax.

VI. CONCLUSIONES

1. La Eco TT ha demostrado ser una técnica útil al proporcionar una fuerte orientación diagnóstica inmediata de las principales complicaciones en el postoperatorio de cirugía torácica.
2. La concordancia diagnóstica global entre la Eco TT y la Rx de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica fue mayor para el neumotórax, derrame pleural y patrón intersticial que para el diagnóstico de la consolidación pulmonar.
3. La concordancia diagnóstica global entre la Eco TT y la Rx de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica fue insignificante en la etapa inicial (postoperatorio inmediato), pero significativamente mayor en las etapas intermedia y final (concordancia sustancial y moderada respectivamente).
4. La Eco TT ha demostrado que puede usarse como método complementario y de uso combinado con la radiografía de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica.
5. Cuando una Eco TT es negativa (ausencia de neumotórax, derrame pleural, síndrome intersticial y consolidación pulmonar) podría no ser necesaria una Rx de tórax.
6. Por diferentes motivos la Eco TT no puede reemplazar completamente a la Rx de tórax en el postoperatorio de cirugía torácica.

VII. ARTÍCULO PUBLICADO

Original Research Article

DOI: <http://dx.doi.org/10.18203/2349-2902.isj20173872>

Comparative study of transthoracic ultrasound and chest X-ray in the postoperative period of thoracic surgery

Julián A. Ariza^{1*}, Manuel J. Muñoz Martínez², María José Olivera³, Ramón Moreno Balsalobre¹

¹Department of Thoracic surgery, Hospital de La Princesa, Madrid, Spain ²Department of Anesthesiology, Hospital de La Princesa, Madrid, Spain ³Department of Radiology, Hospital de La Princesa, Madrid, Spain

Received: 09 May 2017

Accepted: 05 June 2017

***Correspondence:**

Dr. Julián A. Ariza,

E-mail: julyan02@hotmail.com

Copyright: © the author(s), publisher and licensee Medip Academy. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License, which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

Background: Chest radiography is currently the reference technique in postoperative follow-up of thoracic surgery. However, routine use (almost daily) has been repeatedly questioned. Moreover, transthoracic ultrasound, besides being a useful technique in pleuropulmonary pathology offers additional advantages over the radiograph. The aim of this study is to analyse the diagnostic agreement between radiographic and ultrasound techniques in the postoperative follow-up of thoracic surgery.

Methods: Observational, prospective study, in the postoperative period of thoracic surgery, to study the concordance between the ultrasound and radiographic findings. Sixty patients were evaluated during the postoperative period with the two diagnostic tests, first the transthoracic ultrasound of the 2 hemithorax and then the chest radiograph. Each patient had an ultrasound and an X-ray. The sonographer and radiologist have independently assessed the occurrences of pneumothorax, pleural effusion, pulmonary consolidation, and interstitial pattern.

Results: The Cohen kappa index for pneumothorax was 0.706 ($p < 0.001$), for pleural effusion 0.588 ($p < 0.001$), for interstitial pattern 0.474 ($p < 0.001$) and for pulmonary consolidation 0.282 ($p = 0.002$).

Conclusions: The diagnostic concordance between radiographic and ultrasound techniques in the postoperative period of thoracic surgery is substantial for pneumothorax and pleural effusion, moderate for interstitial pattern, and fair for pulmonary consolidation.

Keywords: Chest radiography, Kappa index, Lung ultrasound, Postoperative complications, Thoracic surgery.

INTRODUCTION

It is common for thoracic surgery to lead to different types of pneumothorax and postoperative pleural effusions in patients. Therefore, thoracic drainage is necessary for the evacuation of air and fluid from the pleural space. At the same time, some degree of involvement of the pulmonary parenchyma can be observed in the form of consolidation or involvement of the interstitium. Many of these findings are not apparent, but they always threaten postoperative recovery.

Traditionally an almost daily chest X-ray is performed from the surgical intervention to hospital discharge to check whether drainage removal is appropriate or to detect associated pleuropulmonary complications.¹ However, chest X-rays are costly, exposing patients and health care workers to ionizing radiation, requiring patient movement with chest drains, and time consuming.²⁻⁴

On the other hand, transthoracic ultrasound is an emerging technique that has been shown to be more sensitive and accurate than chest X-ray in different pleuropulmonary pathologies.⁵⁻⁸ Its main advantages lie in the absence of ionizing radiations, easier device portability, low cost and a rapid learning curve.⁹ Being a real-time study, it is possible to immediately integrate the findings with the clinical data and assist in invasive procedures.

Although transthoracic ultrasound is a globally accepted test as far as the authors know the diagnostic concordance between transthoracic ultrasound and chest X-ray has not been studied in postoperative follow-up of thoracic surgery.⁹

¹¹ The objective of this study is to analyse the diagnostic concordance (pneumothorax, pleural effusion, pulmonary consolidation and interstitial pattern) between radiographic and ultrasound techniques in the postoperative follow-up of thoracic surgery.

METHODS

This is an observational, prospective study with sequential inclusion of 60 patients in the postoperative period of thoracic surgery from July 2015 to November of the same year.

The study was carried out at 'Hospital Universitario de La Princesa' (Madrid, Spain) and has been approved by the local ethics committee (Registration number: PI-800). Written informed consent was obtained from each patient prior to the surgical intervention.

Post-operative patients of thoracic surgery of both sexes, have been included, regardless of symptoms, diagnosis, type of procedure or surgical approach (Table 1). Patients <18 years old or with subcutaneous emphysema have been excluded.

Prior to opening the study and enrolling the patients, the investigator who was performing the ultrasound examination (thoracic surgeon) underwent an intensive 3- week training phase supervised by a specialist in transthoracic ultrasound (anesthesiologist). During this phase, they performed transthoracic ultrasounds on patients in the postoperative period of thoracic surgery and then compared their findings to the patient's same day chest X-ray. When the findings were inconsistent, the evaluators performed a second ultrasound examination of the previously examined patient to adequately identify the findings that were misinterpreted the first time. Patients participating in this learning phase were not included in the study.

Sixty patients were evaluated during the postoperative period of thoracic surgery with the two diagnostic tests, first the transthoracic ultrasound and then the chest X- ray. The first 20 patients have been evaluated in the postoperative care unit in the immediate postoperative period (initial postoperative stage). The second 20

Patients have been evaluated in the hospital ward, when they still had pleural drainage (intermediate postoperative stage). The last 20 patients have been evaluated in the hospital ward, after removal of pleural drainage, in the days before discharge (final postoperative stage).

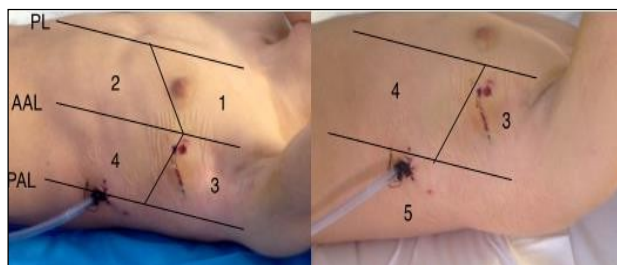
The interpretations of the tests have been carried out by a single thoracic radiologist and by a single sonographer. The ultrasound and radiographic data have been collected in protocols. Both the sonographer and the radiologist were unaware of the outcome of the other test. The ultrasound results have not been shared with the surgical team. The information regarding the basic characteristics of the patients has been obtained from the medical records of the hospital.

All patients underwent bedside transthoracic ultrasound of the 2 hemithorax (bilateral). For this, a Sonosite portable M-Turbo ultrasound equipment has been used, with a high (13-6 mhz) and low frequency probe (5-2 mhz). To perform this technique, it was only been necessary to use the two-dimensional image and M- mode.

Table 1: Basic characteristics of the 60 patients

	N	%
Age mean (min - max)	53 years	
	(19-86)	
Gender		
Male	31	52%
Female	29	48%
Type of surgical procedure		
Major pulmonary resection	21	35%
Minor pulmonary resection	18	30%
Placement of pleural drainage	11	18.3%
Sympathectomy	5	8.3%
Thymectomy	3	5%
Mediastinoscopy	1	1.7%
Mediastinal mass biopsy	1	1.7%
Type of surgical approach		
Videothoracoscopic surgery	37	61.7%
Thoracotomy	11	18.3%
Closed thoracostomy	11	18.3%
Cervicotomy	1	1.7%
Complications		
None	51	85%
Bleeding	1	1.7%
Atelectasis	3	5%
Chylothorax	1	1.7%
Pneumothorax	3	5%
Prolonged air leak	1	1.7%
Operated side		
Right hemithorax	30	50%
Left hemithorax	24	40%
Both hemithorax (bilateral)	5	8.3%
Upper mediastinum (cervicotomy)	1	1.7%

Five areas were examined in each hemithorax, with the patient lying supine at 30 degrees and with the hand behind the head (Figure 1). The systematic exploration began in the anterosuperior zone, followed sequentially by the anteroinferior, laterosuperior and lateroinferior, ending in the dorsal area with a slight inclination of the patient and a slight adduction of the ipsilateral arm.



PL: parasternal line. AAL: anterior axillary line; PAL: posterior axillary line. 1: anterosuperior area; 2: anteroinferior area. 3: lateral superior area; 4: lateral inferior area. 5: dorsal area.

Figure 1: Areas of ultrasound examination.

Chest X-rays in the initial stage were performed in supine decubitus with anteroposterior (AP) projection. In the intermediate and final stages, they were performed with 2 projections (posteroanterior and lateral).

The aim of the ultrasound and radiographic evaluations was to detect 4 main variables: pneumothorax, pleural effusion, pulmonary consolidation and interstitial pattern. The presence or absence of some of these variables have been classified as positive or negative respectively and also as unilateral (right or left hemithorax) or bilateral. In turn, the severity of pneumothorax has been quantified as partial or total and the severity of pleural effusion as mild, moderate or severe.^{12,13}

For this purpose, radiographic and sonographic diagnostic criteria have been established for each variable (Table 2), taking into account the terminology recommended by the Fleischner Society Nomenclature Committee and the 2012 International Consensus of Experts.^{14,15} Figure 2 shows ultrasound examples of these 4 variables.

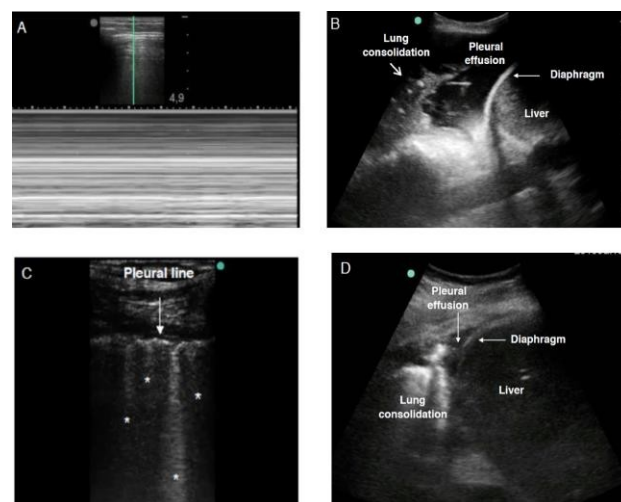


Figure 2: Abnormal ultrasound patterns. A) Pneumothorax. Image in M mode shows the ‘stratosphere sign’ or ‘barcode sign’; B) Pleural effusion and pulmonary consolidation. An anechoic chamber is observable, corresponding to the pleural effusion, adjacent to the consolidated lung, which contains hyperechogenic images that are consistent with an aerial bronchogram; C) Interstitial lung disease. Several B-lines, or ‘comet tails’ can be seen (*) which originate at the pleural line; D) Pulmonary consolidation with small adjacent pleural effusion

Table 2: Diagnostic ultrasound and radiographic criteria of the 4 main variables

	Ultrasound criteria	Radiographic criteria
Pneumothorax	Absence of pleural sliding and B lines. Lung point sign. ¹⁶ Barcode sign. Partial pneumothorax: criteria of pneumothorax present in some areas of the hemithorax. Total pneumothorax: criteria of pneumothorax present throughout the hemithorax.	Increased normal radiolucency, making the edge of the visceral pleura visible. Partial pneumothorax: partial separation between the visceral and parietal pleura. Total pneumothorax: total separation between the visceral and parietal pleura (throughout the pleural cavity).
Pleural effusion	Anechoic or hypoechoic pattern separating the visceral and parietal pleura with changes during respiration. Mild pleural effusion (limited to costodiaphragmatic angle): partially visible diaphragmatic dome. Moderate pleural effusion: lower lobe collapse. Severe pleural effusion: collapsed lung.	Increased homogeneous density superimposed over lung fields. Mild pleural effusion: Blunting of costophrenic angle. Moderate pleural effusion: when its size is up to half hemithorax. Severe pleural effusion: when its size is greater than half hemithorax.
Pulmonary consolidation	Tissue model (pulmonary hepatization). Presence of air alveologramas (pinpoint, linear or hyperchogenic images).	Heterogeneous opacity or air bronchogram with loss of normal radiolucency.
Interstitial pattern	Presence of more than 3 B lines in the anterior and lateral regions of the thorax. ¹⁷	Collection of innumerable small linear opacities that, in sum, produce a network- like appearance. Kerley B Lines.

A concordance study of the 2 diagnostic tests was performed, expressing the results as a percentage of global agreement (global agreement rate), positive agreement and negative agreement, Cohen kappa index (proportion of agreement exceeding that expected by chance), and its statistical significance (p).

According to the Landis and Koch classification, kappa index values of at least 0.6 were considered substantial. In addition, for the calculation of concordance at the different moments of the study, the simultaneous presence/absence of the four variables which are the objective of this study has been analysed.

Taking into account a pilot study of 10 subjects (20 hemithorax) assuming a proportion of positive findings of at least 0.2 and using an alpha level of 0.05 and beta of 0.2 and a unilateral contrast, the sample size to estimate as significant a concordance ≥ 0.6 , is 60 subjects (120 hemithorax).¹⁹

Homogeneity between pairs of kappa indices was tested by the chi-square (chi-squared) test proposed by Fleiss.²⁰ Statistical analysis was performed with the IBM SPSS 21

Programs (IBM Corp (Armonk, New York) and Epidat 4.0.

RESULTS

Seventy-six patients were explored in the postoperative period of thoracic surgery, but sixteen patients were not included in the study due to subcutaneous emphysema. Sixty patients (120 hemithorax) were finally enrolled in the study in a period of 5 months. Each patient had a chest X-ray and transthoracic ultrasound. A total of 60 bilateral transthoracic ultrasounds (of the 2 hemithorax) and 60 chest X-rays were performed (20 in AP and 40 with 2 projections: posteroanterior and lateral). Table 1 summarized some characteristics of patients.

Significant differences between the main characteristics of the three groups (immediate postoperative, intermediate and final postoperative stages) were not found (data not shown). The time of the ultrasound examination was 10 ± 3 minutes, the time interval between ultrasound and the radiograph has been on average 100 ± 60 minutes.

Table 3: Positive and negative findings of transthoracic ultrasound and chest X-ray in 120 hemithorax from 60 patients

	Positive ultrasound findings	Negative ultrasound findings	Positive X-ray findings	Negative X-ray findings
Pneumothorax	18 (partial 15, total 3)	-	17 (partial 14, total 3)	-
Pleural effusion	18 (mild 16, moderate 2)	-	22 (mild 20, moderate 2)	-
Interstitial pattern	12	-	4	-
Pulmonary consolidation	26	-	18	-
Total findings in 120 hemithorax	74	46	61	59

Table 4: Concordance between transthoracic ultrasound and chest X-ray for the four variables in 120 hemithorax from 60 patients

Agreement (%)						
Observation	N	Global	Negative	Positive	Kappa	P
Pneumothorax ^a	120	92.5	81.7	10.8	0.706	<0.001
Pleural effusion ^B	120	88.4	77.5	10.9	0.588	<0.001
Interstitial pattern	120	93.3	90	3.3	0.474	<0.001
Pulmonary consolidation	120	78.3	70.8	7.5	0.282	0.002

N: observation number. Each variable performs 2 observations per patient (right and left side); A: When the variable was dichotomized (without pneumothorax/with pneumothorax) and kappa was calculated considering two categories: kappa = 0.699 (p <0.001); B: When the variable was dichotomized (without pleural effusion/with pleural effusion) and kappa was calculated considering two categories: kappa = 0.699 (p <0.001)

Table 5: Concordance between transthoracic ultrasound and chest X-ray in 160 observations (4 variables X 2 hemithorax) from 20 patients at each postoperative stage

Agreement (%)						
Stage	N	Global	Negative	Positive	Kappa	P
Initial	160	81.2	78.1	3.1	0.158	0.030
Intermediate	160	93.1	80.6	12.5	0.743	< 0.001
Final	160	90.1	81.3	8.8	0.578	< 0.001

N: number observation. Each variable performs 2 observations per patient (right and left side). At each stage, there are 4 variables

Table 3 shows the positive and negative findings of transthoracic ultrasound and chest X-ray. Seventy-four ultrasound examinations were positive in 39 patients (65%) and 61 radiographic examinations were positive in 41 patients (68%). Ultrasonography was normal (negative for the 4 main variables) in 21 patients (35%) and radiography in 19 (32%). Of these 21 patients with normal ultrasound, radiography has been done in 16 cases (80%).

Table 4 shows the agreement between the techniques for the four main variables. For the four variables, the concordance is significantly greater than zero. The kappa indices for pneumothorax and pleural effusion were significantly higher than for pulmonary consolidation (p = 0.003 and p = 0.039, respectively). Other significant differences between kappa values were not found.

Table 5 shows the concordance in each of the three To the authors' best knowledge, the concordance (repeatability, agreement or reliability) between transthoracic ultrasound and chest X-ray in the postoperative period of thoracic surgery has not been studied. Concordance is defined as the degree to which two

postoperative stages considering simultaneously the four types of possible findings. In the three stages, a significant agreement between the techniques has been observed. The kappa indices observed in the intermediate and final stages were significantly higher than those observed in the initial stage (p <0.001 and p = 0.018, respectively), with no significant differences between them (p = 0.168).

We found evidence of significant differences between the four variables and between the three postoperative stages, but not between the two hemithorax (data not shown), so the results are expressed without differentiating between right and left hemithorax.

DISCUSSION

To the authors' best knowledge, the concordance (repeatability, agreement or reliability) between transthoracic ultrasound and chest X-ray in the postoperative period of thoracic surgery has not been studied. Concordance is defined as the degree to which two

or more measurements agree on the same sample. One of its indications is when a gold standard diagnostic test is not available (or cannot be done) that allows us to establish the degree to which a measurement coincides with the truth. As is the case of this study where the chest tomography (chest CT) has not been performed. The calculated sample size was 60 patients (120 hemithorax) which allowed us to undertake 60 comparisons between X-rays and ultrasound.

The most used index to express the concordance is the one proposed by Cohen that has been called the kappa index.¹⁸ Its interpretation is performed by correlating its value with a qualitative scale that includes six levels of concordance strength.¹⁸ The fact that the kappa index depends not only on the observed agreements, but also on the prevalence of the observed character and the prevalence observed by each test must be taken into account.²¹ Low prevalence penalizes kappa, as is the case in this study where the percentage of postoperative complications is 15%. This justifies that the results of the kappa are lower than the agreement percentage (agreement rate) whose interpretation is usually more intuitive.

The concordance has been substantial for pneumothorax, moderate for pleural effusion and interstitial pattern and fair for pulmonary consolidation. At the same time, the concordance was substantial in the intermediate stage, moderate in the final stage and insignificant in the initial postoperative stage. Between both techniques, agreement occurs primarily at the expense of negative agreement, and positive agreements are mostly produced at the expense of minor findings. The results of this study suggest that the greater the intensity of the findings (pneumothorax, pleural effusion and pulmonary consolidation) the greater the degree of agreement.

In the present study ultrasound has detected more cases of pneumothorax than radiography. However, it has failed to detect 5 apical pneumothoraxes seen on radiography, which can be explained by the limitation of ultrasound in detecting those pneumothoraxes found in the apical, mediastinal or posterior regions, as well as its inability to pass through the air.²² This means that it is impossible to determine the "depth of the pneumothorax" only to establish its limits and location.²³ This is the reason to classify pneumothorax in this study in 2 types depending on the partial or total separation of the lung with the costal wall.

Despite the well-known superiority of lung ultrasound in the detection of pleural effusion when compared with chest X-ray, in this study radiography has detected 4 more cases.⁸ This can be explained if we consider that the majority of pleural effusions on radiography have been mild and could also correspond to consolidations such as atelectasis, alveolar occupation or pleural thickening.²⁴ The limitation of the chest X-ray is that it cannot discriminate some radiopacities, relying many times on the ultrasound for its diagnosis.²⁴

The concordance is fair among the techniques for the detection of pulmonary consolidation. Except for 3 lobar consolidations (data not shown) the others have been small

(localized). In the postoperative period of thoracic surgery, small intermittent atelectasis, secondary to hypoventilation (pain causes lack of lung expansion) frequently appear.²⁵ These are characterized by being visible only during exhalation, which facilitates its detection by the ultrasound given its dynamic nature and its high sensitivity in detecting small consolidations that touch the pleura.¹⁵ It has little correlation with conventional radiology since its morphology depends on whether is captured when inhaling or exhaling.

In this study, no cases of postoperative interstitial complication have been reported. Therefore, these findings refer to interstitial pathology (chronic or acute) already present before the surgical intervention.

In the initial postoperative period, the findings of both techniques showed less concordance, which may be due to: the technical limitations of ultrasound and the difficulties in the interpretation of AP radiography.^{26,27} There are several factors that can block the passage of ultrasound and are accentuated at this stage: surgical wound and dressings, chest tube, different degrees of subcutaneous emphysema and reduced mobility of the patient (which prevents visualization of the posterior costodiaphragmatic angle).²³ These results suggest the relevance of performing the 2 diagnostic tests (chest X- ray / lung ultrasound) at this postoperative stage.

It can be inferred that ultrasound is beneficial for those patients who require monitoring and evaluation for pneumothorax, pleural effusion and interstitial pattern in the intermediate and final postoperative stage or those who have normal ultrasound. In these subgroups, transthoracic ultrasound could be considered as an alternative to chest X ray, thus avoiding the latter. Routine use of transthoracic ultrasound in an intensive care unit has been shown to be associated with a significant reduction in the request for chest X rays and tomography.²⁸ Performing a bedside transthoracic ultrasound with a portable handheld machine offers many advantages. It accelerates decision-making by decreasing time required to obtain the X-ray, which will be performed during the day. At a cost-effectiveness level, only the initial acquisition of the ultrasound machine represents an expenditure, subsequently requiring no additional costs except maintenance and repair.

Despite its many advantages, transthoracic ultrasound could not completely replace chest X-ray for several reasons. It has not been shown to be reliable in the initial postoperative period nor in the detection of pulmonary consolidation, it is not useful in patients with subcutaneous emphysema, it is also incapable of obtaining a complete image of the thorax since it cannot visualize the retrosternal space and the posterosuperior zone that is in contact with the scapula. However, attempts to compensate these limitations can be made with an adequate examination of the anterior and lateral chest regions.

This study has limitations. The absence of a gold standard technique such as chest CT is the main limitation of this study. Chest CT cannot be routinely performed on these patients because of their high radiation dose (equivalent to 350 chest X rays) and even for ethical reasons.^{29,30} However, consensus (high concordance) is useful in the absence of a

gold standard to consider the interchangeability or complementarity of diagnostic techniques. Another limitation is the absence of an interobserver reliability study. Such a study would require additional observers and additional explorations, which is beyond the scope of an observational study. Inter- and intra-observer reliability should be the subject of further study once the agreement between techniques has been established. An alternative design could be a longitudinal study with 3 ultrasound and 3 X-ray studies in three different study moments. However, we chose to undertake the ultrasound and radiographic studies on three group of 20 patients each, in order to have a broader representation of patients with thoracic surgery.

CONCLUSION

The diagnostic concordance between transthoracic ultrasound and chest radiography in the postoperative period of thoracic surgery was insignificant in the initial stage, but significantly higher in the intermediate and final stages (substantial and moderate agreement respectively). Moreover, the agreement was higher for the diagnosis of pneumothorax, pleural effusion and interstitial pattern than for the diagnosis of pulmonary consolidation. These results suggest that the use of transthoracic ultrasound in the intermediate and final stages of postoperative thoracic surgery may alleviate the use of chest X rays.

Funding: No funding sources Conflict of interest: None declared

Ethical approval: The study was approved by the institutional ethics committee

REFERENCES

1. Amorosa JK, Bramwit MP, Mohammed TL, Reddy GP, Brown K, Dyer DS, et al. ACR appropriateness criteria routine chest radiographs in intensive care unit patients. *J Am Coll Radiol*. 2013;10(3):170-4.
2. Graham RJ, Meziene MA, Rice TW, Agasthian T, Christie N, Gaebelien K, et al. Postoperative portable chest radiographs: optimum use in thoracic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998;115(1):45-50.
3. Leschber G, May CJ, Simbrey-Chryselius N. Do thoracic surgery patients always need a postoperative chest X-ray?. *Zentralbl Chir*. 2014;139(1):S43-9.
4. Goudie E, Bah I, Khereba M, Ferraro P, Durancieu A, Martin J, et al. Prospective trial evaluating sonography after thoracic surgery in postoperative care and decision making. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;41(5):1025-30.
5. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Roubey JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and transthoracic ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiol*. 2004;100(1):9-15.
6. Chung MJ, Goo JM, Im JG, Cho JM, Cho SB, Kim SJ. Value of high-resolution ultrasound in detecting a pneumothorax. *Eur Radiol*. 2005;15(5):930-5.
7. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A, Barre O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(5):1640-6.
8. Soni NJ, Franco R, Velez MI, Schnobrich D, Dancel R, Restrepo MI, et al. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions. *J Hosp Med*. 2015;10(12):811-6.
9. Vezzani A, Manca T, Brusasco C, Santori G, Valentino M, Nicolini F, et al. Diagnostic value of chest ultrasound after cardiac surgery: a comparison with chest X-ray and auscultation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014;28(6):1527-32.
10. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med*. 2005;12(9):844-9.
11. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest*. 2011;139(5):1140-7.
12. Sargsyan AE, Hamilton DR, Nicolaou S, Kirkpatrick AW, Campbell MR, Billica RD, et al. Ultrasound evaluation of the magnitude of pneumothorax: a new concept. *Am Surg*. 2001;67(3):232-5.
13. Smargiassi A, Inchingolo R, Zanforlin A, Valente S, Soldati G, Corbo GM. Description of free-flowing pleural effusions in medical reports after echographic assessment. *Respiration*. 2013;85(5):439-41.
14. Hansell DM, Bankier AA, macmahon H, mcloud TC, Muller NL, Remy J. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging. *Radiol*. 2008;246(3):697-722.
15. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care transthoracic ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-91.
16. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The "transthoracic point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000;26(10):1434-40.
17. Lichtenstein DA, Meziere GA. Relevance of transthoracic ultrasound in the diagnosis of acute Respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134(1):117-25.
18. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74.
19. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther*. 2005;85(3):257-68.
20. Fleiss JL. Statistical methods for rates and proportions. Second edition: Wiley, John and Sons, Incorporated, New York, N.Y.; 1981.
21. Feinstein AR, Cicchetti DV. High agreement but low kappa: I. The problems of two paradoxes. *J Clin Epidemiol*. 1990;43(6):543-9.
22. Izcue LA, Melado NJM, Rodriguez BG, Gonzalez FI, Blanco PJA. Diagnosing pneumothorax with ultrasonography. *Radiologia*. 2014;56(3):229-34.
23. De la Quintana GF, Nacarino AB. Basic transthoracic ultrasound. Part I. Normal transthoracic ultrasound and diseases of the chest wall and the pleura. *Espanola Magazine Anesthesiol Reanimation*. 2015;62(6):322-36.
24. Koeze J, Nijsten MW, Lansink AO, Droogh JM, Ismael F. Bedside transthoracic ultrasound in the critically ill patient with pulmonary pathology: different diagnoses with comparable chest X-ray opacification. *Crit Ultrasound J*. 2012;4(1):1.
25. De la Quintana GF, Nacarino AB, Fajardo PM. Basic

- transthoracic ultrasound. Part 2. Parenchymal diseases. *Espanola Magazine Anesthesiol Reanimation*. 2015;62(6):337-49.
26. Khan AN, Al-Jahdali H, Al-Ghanem S, Gouda A. Reading chest radiographs in the critically ill (Part I): normal chest radiographic appearance, instrumentation and complications from instrumentation. *Ann Thorac Med*. 2009;4(2):75-87.
27. Khan AN, Al-Jahdali H, Al-Ghanem S, Gouda A. Reading chest radiographs in the critically ill (Part II): Radiography of transthoracic pathologies common in the ICU patient. *Ann Thorac Med*. 2009;4(3):149-57.
28. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, et al. The use of point-of-care bedside transthoracic ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg*. 2010;111(3):687-92.
29. Picano E. Sustainability of medical imaging. *BMJ*. 2004;328(7439):578-80.
30. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, Ross JS, Chen J, Ting HH, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J Med*. 2009;361(9):849-57.

Cite this article as: Ariza JA, Martínez MJM, Olivera MJ, Balsalobre RM. Comparative study of transthoracic ultrasound and chest X-ray in the postoperative period of thoracic surgery. *Int Surg J* 2017;4:2925-31.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Graham RJ, Meziane MA, Rice TW, Agasthian T, Christie N, Gaebelein K, et al. Postoperative portable chest radiographs: optimum use in thoracic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;115(1):45-50; discussion -2.
2. Leschber G, May CJ, Simbrey-Chryselius N. [Do thoracic surgery patients always need a postoperative chest X-ray?]. *Zentralbl Chir.* 2014;139 Suppl 1:S43-9.
3. Goudie E, Bah I, Khereba M, Ferraro P, Duranceau A, Martin J, et al. Prospective trial evaluating sonography after thoracic surgery in postoperative care and decision making. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(5):1025-30.
4. Amorosa JK, Bramwit MP, Mohammed TL, Reddy GP, Brown K, Dyer DS, et al. ACR appropriateness criteria routine chest radiographs in intensive care unit patients. *J Am Coll Radiol.* 2013;10(3):170-4.
5. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology.* 2004;100(1):9-15.
6. Chung MJ, Goo JM, Im JG, Cho JM, Cho SB, Kim SJ. Value of high-resolution ultrasound in detecting a pneumothorax. *Eur Radiol.* 2005;15(5):930-5.
7. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A, Barre O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156(5):1640-6.
8. Soni NJ, Franco R, Velez MI, Schnobrich D, Dancel R, Restrepo MI, et al. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions. *J Hosp Med.* 2015;10(12):811-6.
9. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med.* 2005;12(9):844-9.
10. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest.* 2011;139(5):1140-7.
11. Vezzani A, Manca T, Brusasco C, Santori G, Valentino M, Nicolini F, et al. Diagnostic value of chest ultrasound after cardiac surgery: a comparison with chest X-ray and auscultation. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28(6):1527-32.
12. Dénier A. Les ultrasons, leur application au diagnostic. . *Presse Med.* 1946; 22:307–8.
13. Joyner CR HR, Reid JM. Reflected ultrasound in the detection and localization of pleural effusion *JAMA.* 1967;200:399–402.
14. Fauci AS BE, Kasper D, Hauser SL, Longo DL,, Jameson JL ea. *Harrison's principles of internal medicine.* New York:: mcgraw-Hill; 2008. 17. P.
15. Feller-Kopman D. Therapeutic thoracentesis: the role of ultrasound and pleural manometry. *Curr Opin Pulm Med.* 2007;13(4):312-8.
16. Lichtenstein DA, Meziere GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008;134(1):117-25.
17. Cao W, Wang Y, Zhou N, Xu B. Efficacy of ultrasound-guided thoracentesis catheter drainage for pleural effusion. *Oncol Lett.* 2016;12(6):4445-8.
18. Feller-Kopman D. Ultrasound-guided thoracentesis. *Chest.* 2006;129(6):1709-14.

19. Mercaldi CJ, Lanes SF. Ultrasound guidance decreases complications and improves the cost of care among patients undergoing thoracentesis and paracentesis. *Chest*. 2013;143(2):532-8.
20. Patel PA, Ernst FR, Gunnarsson CL. Ultrasonography guidance reduces complications and costs associated with thoracentesis procedures. *J Clin Ultrasound*. 2012;40(3):135-41.
21. Vollmer I, Gayete A. [Chest ultrasonography]. *Arch Bronconeumol*. 2010;46(1):27-34.
22. Grymiski J, Krakowka P, Lypacewicz G. The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques. *Chest*. 1976;70(1):33-7.
23. Yu CJ, Yang PC, Wu HD, Chang DB, Kuo SH, Luh KT. Ultrasound study in unilateral hemithorax opacification. Image comparison with computed tomography. *Am Rev Respir Dis*. 1993;147(2):430-4.
24. Colli A, Prati D, Fraquelli M, Segato S, Vescovi PP, Colombo F, et al. The use of a pocket-sized ultrasound device improves physical examination: results of an in- and outpatient cohort study. *Plos One*. 2015;10(3):e0122181.
25. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, et al. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg*. 2010;111(3):687-92.
26. Mayo PH, Goltz HR, Tafreshi M, Doelken P. Safety of ultrasound-guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation. *Chest*. 2004;125(3):1059-62.
27. Havelock T, Teoh R, Laws D, Gleeson F, Group BTSPDG. Pleural procedures and thoracic ultrasound: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax*. 2010;65 Suppl 2:ii61-76.
28. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A, et al. American College of Chest Physicians/La Societe de Reanimation de Langue Francaise statement on competence in critical care ultrasonography. *Chest*. 2009;135(4):1050-60.
29. Gargani L. Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist. *Cardiovasc Ultrasound*. 2011;9:6.
30. Koh DM, Burke S, Davies N, Padley SP. Transthoracic US of the chest: clinical uses and applications. *Radiographics*. 2002;22(1):e1.
31. Chira R, Chira A, Mircea PA. Thoracic wall ultrasonography - normal and pathological findings. Pictorial essay. *Med Ultrason*. 2011;13(3):228-33.
32. Elbarbary M ML, Volpicelli G, Neri L, Petrovic T, Storti E, et al. Development of evidence- based clinical recommendations and consensus statements in critical ultrasound field: why and how? *Crit Ultrasound J*. 2010;2:93-5.
33. Via G, Storti E, Gulati G, Neri L, Mojoli F, Braschi A. Lung ultrasound in the ICU: from diagnostic instrument to respiratory monitoring tool. *Minerva Anesthesiol*. 2012;78(11):1282-96.
34. Volpicelli G EM, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick, AW ML, Gargani L, Noble VE, Via G, others. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38:577– 91.

35. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med*. 2006;24(6):689-96.
36. Reissig A, Copetti R, Kroegel C. Current role of emergency ultrasound of the chest. *Crit Care Med*. 2011;39(4):839-45.
37. Vignon P, Chastagner C, Berkane V, Chardac E, Francois B, Normand S, et al. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med*. 2005;33(8):1757-63.
38. Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M, et al. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2006;32(2):318.
39. Wernecke K. Ultrasound study of the pleura. *Eur Radiol*. 2000;10(10):1515-23.
40. Colins JD, Burwell D, Furmanski S, Lorber P, Steckel RJ. Minimal detectable pleural effusions. A roentgen pathology model. *Radiology*. 1972;105(1):51-3.
41. Lorenz J, Borner N, Nikolaus HP. [Sonographic volumetry of pleural effusions]. *Ultraschall Med*. 1988;9(5):212-5.
42. Eibenberger KL, Dock WI, Ammann ME, Dorffner R, Hormann MF, Grabenwoger F. Quantification of pleural effusions: sonography versus radiography. *Radiology*. 1994;191(3):681-4.
43. Mayo PH, Doelken P. Pleural ultrasonography. *Clin Chest Med*. 2006;27(2):215-27.
44. Qureshi NR, Rahman NM, Gleeson FV. Thoracic ultrasound in the diagnosis of malignant pleural effusion. *Thorax*. 2009;64(2):139-43.
45. Chian CF, Su WL, Soh LH, Yan HC, Perng WC, Wu CP. Echogenic swirling pattern as a predictor of malignant pleural effusions in patients with malignancies. *Chest*. 2004;126(1):129-34.
46. Yang PC, Luh KT, Chang DB, Wu HD, Yu CJ, Kuo SH. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol*. 1992;159(1):29-33.
47. Colmenero M GM. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. *Med Intensiva*. 2010;34:620-8.
48. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med*. 2007;35(5 Suppl):S250-61.
49. Weinberg B, Diakoumakis EE, Kass EG, Seife B, Zvi ZB. The air bronchogram: sonographic demonstration. *AJR Am J Roentgenol*. 1986;147(3):593-5.
50. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, et al. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest*. 2005;128(3):1531-8.
51. Lichtenstein D, Meziere G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009;135(6):1421-5.
52. Gillman LM, Panebianco N, Alkadi A, Blaivas M, Kirkpatrick AW. The dynamic sonographic air bronchogram: a simple and immediate bedside diagnosis of alveolar consolidation in severe respiratory failure. *J Trauma*. 2011;70(3):760.

53. Unluer EE, Karagoz A. A dynamic sign of alveolar consolidation in bedside ultrasonography: Air bronchogram. *Interv Med Appl Sci.* 2014;6(1):40-2.
54. Vizioli MG, Adams PD. Senescence Can Be better without the SASP? *Cancer Discov.* 2016;6(6):576-8.
55. R. Moreno Balsalobre APR, F. Ramasco Rueda. *Manual de Anestesia y Medicina perioperatoria en Cirugía Torácica.* 2017:277-9.
56. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound.* 2008;6:16.
57. Reissig A, Kroegel C. Relevance of subpleural consolidations in chest ultrasound. *Chest.* 2009;136(6):1706; author reply -7.
58. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009;135(2):391-400.
59. Pasero D, Koeltz A, Placido R, Fontes Lima M, Haun O, Rienzo M, et al. Improving ultrasonic measurement of diaphragmatic excursion after cardiac surgery using the anatomical M-mode: a randomized crossover study. *Intensive Care Med.* 2015;41(4):650-6.
60. Goligher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al. Evolution of Diaphragm Thickness during Mechanical Ventilation. Impact of Inspiratory Effort. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015;192(9):1080-8.
61. Gerscovich EO, Cronan M, mcgahan JP, Jain K, Jones CD, mcdonald C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med.* 2001;20(6):597-604.
62. Baron RL, Lee JK, Melson GL. Sonographic evaluation of right juxtadiaphragmatic masses in children using transhepatic approach. *J Clin Ultrasound.* 1980;8(2):156-9.
63. Riccabona M. Ultrasound of the chest in children (mediastinum excluded). *Eur Radiol.* 2008;18(2):390-9.
64. Mathis G. [Thoraxsonography--Part 1: Chest wall and pleura]. *Praxis (Bern 1994).* 2004;93(15):615-21.
65. Griffith JF, Rainer TH, Ching AS, Law KL, Cocks RA, Metreweli C. Sonography compared with radiography in revealing acute rib fracture. *AJR Am J Roentgenol.* 1999;173(6):1603-9.
66. Paik SH, Chung MJ, Park JS, Goo JM, Im JG. High-resolution sonography of the rib: can fracture and metastasis be differentiated? *AJR Am J Roentgenol.* 2005;184(3):969-74.
67. Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest.* 2015;147(6):1659-70.
68. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther.* 2005;85(3):257-68.
69. Fleiss JL. *Statistical Methods for Rates and Proportions.* Second Edition: Wiley, John and Sons, Incorporated, New York, N.Y.; 1981.
70. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med.* 2000;26(10):1434-40.
71. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33(1):159-74.

72. Ebrahimi A, Yousefifard M, Mohammad Kazemi H, Rasouli HR, Asady H, Moghadas Jafari A, et al. Diagnostic Accuracy of Chest Ultrasonography versus Chest Radiography for Identification of Pneumothorax: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Tanaffos*. 2014;13(4):29-40.
73. Grimberg A, Shigueoka DC, Atallah AN, Ajzen S, Iared W. Diagnostic accuracy of sonography for pleural effusion: systematic review. *Sao Paulo Med J*. 2010;128(2):90-5.
74. Lichtenstein DA, Lascols N, Meziere G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004;30(2):276-81.
75. Khan AN, Al-Jahdali H, Al-Ghanem S, Gouda A. Reading chest radiographs in the critically ill (Part I): Normal chest radiographic appearance, instrumentation and complications from instrumentation. *Ann Thorac Med*. 2009;4(2):75-87.
76. Khan AN, Al-Jahdali H, Al-Ghanem S, Gouda A. Reading chest radiographs in the critically ill (Part II): Radiography of lung pathologies common in the ICU patient. *Ann Thorac Med*. 2009;4(3):149-57.
77. De la Quintana Gordon FB, Nacarino Alcorta B. [Basic lung ultrasound. Part 1. Normal lung ultrasound and diseases of the chest wall and the pleura]. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2015;62(6):322-36.
78. Lasarte Izcue A, Navasa Melado JM, Blanco Rodriguez G, Fidalgo Gonzalez I, Parra Blanco JA. [Diagnosing pneumothorax with ultrasonography]. *Radiologia*. 2014;56(3):229-34.
79. Koeze J, Nijsten MW, Lansink AO, Droogh JM, Ismael F. Bedside lung ultrasound in the critically ill patient with pulmonary pathology: different diagnoses with comparable chest X-ray opacification. *Crit Ultrasound J*. 2012;4(1):1.
80. Unluer EE, Karagoz A. Bedside lung ultrasound versus chest X-ray use in the emergency department. *Interv Med Appl Sci*. 2014;6(4):175-7.
81. De la Quintana Gordon FB, Nacarino Alcorta B, Fajardo Perez M. [Basic lung ultrasound. Part 2. Parenchymal diseases]. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2015;62(6):337-49.
82. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-91.
83. Bourcier JE, Paquet J, Seinger M, Gallard E, Redonnet JP, Cheddadi F, et al. Performance comparison of lung ultrasound and chest x-ray for the diagnosis of pneumonia in the ED. *Am J Emerg Med*. 2014;32(2):115-8.
84. Pagano A, Numis FG, Visone G, Pirozzi C, Masarone M, Olibet M, et al. Lung ultrasound for diagnosis of pneumonia in emergency department. *Intern Emerg Med*. 2015;10(7):851-4.
85. Chavez MA, Shams N, Ellington LE, Naithani N, Gilman RH, Steinhoff MC, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respir Res*. 2014;15:50.
86. Feinstein AR, Cicchetti DV. High agreement but low kappa: I. The problems of two paradoxes. *J Clin Epidemiol*. 1990;43(6):543-9.
87. Picano E. Sustainability of medical imaging. *BMJ*. 2004;328(7439):578-80.

88. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, Ross JS, Chen J, Ting HH, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J Med*. 2009;361(9):849-57.
89. Touw HR, Parlevliet KL, Beerepoot M, Schober P, Vonk A, Twisk JW, et al. Lung ultrasound compared with chest X-ray in diagnosing postoperative pulmonary complications following cardiothoracic surgery: a prospective observational study. *Anaesthesia*. 2018;73(8):946-54.

IX. ANEXOS

Hoja De Recogida De Datos Exploraciones Ecográficas

Etiqueta identificación del paciente

(Edad, Sexo, NHC,)

Diagnóstico:

Tipo de Abordaje: CTV () Toracotomía () Esternotomía () Cervicotomía ()

Tipo de Cirugía: R. P. Mayor () R. P. menor () Otros: _____

Lado operado: Derecho () Izquierdo ()

Postoperatorio inmediato () En planta con drenaje () Retirada de drenaje ()

Fecha: _____

Hora: _____

	DERECHO	IZQUIERDO
NEUMOTÓRAX	NO () SI: P () T ()	NO () SI: P () T ()
D. PLEURAL	NO () SI: L () M () S ()	NO () SI: L () M () S ()
CONSOLIDACIÓN	NO () SI:	NO () SI:
SI	NO () SI:	NO () SI:

Hoja De Recogida De Datos Lecturas Radiográficas

Etiqueta identificación del paciente

(Edad, Sexo, NHC,)

Diagnóstico:

Tipo de Abordaje: CTV () Toracotomía () Esternotomía () Cervicotomía ()

Tipo de Cirugía: R. P. Mayor () R. P. menor () Otros: _____

Lado operado: Derecho () Izquierdo ()

Postoperatorio inmediato () En planta con drenaje () Retirada de drenaje ()

Fecha: _____

Hora: _____

	DERECHO	IZQUIERDO
NEUMOTÓRAX	NO () SI: P () T ()	NO () SI: P () T ()
D. PLEURAL	NO () SI: L () M () S ()	NO () SI: L () M () S ()
CONSOLIDACION	NO () SI:	NO () SI:
SI	NO () SI:	NO () SI:

COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Madrid, 07 de julio de 2015

El **Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario de la Princesa** después de recibir la respuesta a la aprobación condicionada del siguiente proyecto de investigación:

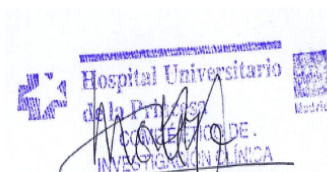
TÍTULO: Utilidad de la Ecografía del tórax en el postoperatorio de Cirugía Torácica - Comparación con la Radiografía de tórax

Nº de Registro: PI-800

Investigador principal: Julián Alberto Ariza Traslaviña (Servicio de Cirugía Torácica)

Decisión tomada: Aprobación (6-07-15)

Este Comité Ético de Investigación Clínica considera que tanto el proyecto de investigación como la Hoja de información al paciente y consentimiento informado son **ética y metodológicamente aceptables**. Asimismo, considera que los investigadores son competentes para llevar a cabo este proyecto que está enmarcado dentro de las líneas de investigación prioritarias del Hospital Universitario de La Princesa.



Fdo: **Dra. M^a de Mar Ortega Gómez**
Secretaria del C.E.I.C.